

Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕЩЕРЯКОВА ІРИНА ВІКТОРІВНА

УДК 331.422:331.434

ДИСЕРТАЦІЯ

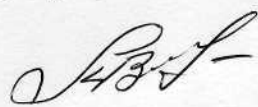
**Підвищення безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового
середовища виробничих приміщень**

263 – Цивільна безпека

26 – Цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



І.В. Мещерякова

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Беліков Анатолій Серафимович, доктор технічних наук,
професор

Дніпро – 2021

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 методику 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 «Павлогардінвестбуд»,

Акціонерному товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» 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. Психофізіологічні особливості безпеки праці операторів при зміні параметрів світлової середовища. *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. Вып. 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. Рабич О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В., Лаухина 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 экомплексов 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: Безопасность жизнедеятельности. 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’. – Prydniprovskya 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.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	17
ВСТУП		18
РОЗДІЛ 1.	СУЧАСНИЙ СТАН УМОВ ПРАЦІ НА ПОСТІЙНИХ РОБОЧИХ МІСЦЯХ В ПРИМІЩЕННЯХ (Огляд літератури)	25
1.1	Аналіз травматизму та профзахворювань в Україні	25
1.2	Аналіз умов праці на постійних робочих місцях в приміщеннях	30
1.2.1	Аналіз умов праці на постійних робочих місцях за показниками світлового середовища	32
1.2.2	Аналіз досліджень показників напруженості трудового процесу працівників при управлінні технологічними процесами та устаткуванням	34
1.2.3	Аналіз досліджень впливу освітленості на психофізіологічний стан людини в трудовому процесі на постійному робочому місці	38
1.3	Діючі норми з проектування освітлення на постійних робочих місцях в приміщеннях	43
1.4	Ризик-орієнтований підхід в оцінці умов праці	47
	Висновки до розділу 1	50
РОЗДІЛ 2.	РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ УМОВ ПРАЦІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА	52
2.1	Обґрунтування напряму досліджень з урахуванням направленості виконання робіт у сучасному виробництві	52
2.2	Дослідження визначення споріднених професій працівників у будівельній галузі за класифікатором	54
2.2.1	Дослідження функціонального стану операторів	57
2.2.2	Фактори впливу освітлення на умови праці	64
2.2.3	Дослідження показників напруженості трудового процесу	68
2.3	Обґрунтування вибору джерела освітлення робочого місця в експериментальному приміщенні, освітлювані прилади для	

	15
проведення досліджень світлового середовища	72
2.4 Об'ємно-планувальні рішення операторських приміщень та обґрунтування вибору експериментального приміщення	82
2.5 Вибір методики визначення параметрів світлового середовища для оцінки умов праці	86
Висновки до розділу 2	98
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА	101
3.1 Планування експерименту	101
3.2 Проведення експерименту	111
3.2.1 Тестування функціонального стану оператора	111
3.2.2 Вимірювання показників світлового середовища	117
3.3 Обробка результатів	120
3.3.1 Обробка результатів вимірювань показників СС	120
3.3.2 Обробка результатів показників працеспроможності оператора за виміряними параметрами СС	126
3.4 Визначення діапазону параметрів СС за напруженістю праці в показниках працеспроможності та побудова математичної моделі	141
Висновки до розділу 3	146
РОЗДІЛ 4. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	147
4.1 Розробка методики оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення	147
4.1.1 Вимоги до показників точності, засобів та методів вимірів	148
4.1.2 Методи тестування	154
4.1.3 Рекомендації щодо підвищення безпеки праці	154
4.1.4 Впровадження методики на підприємстві ТОВ «АВ метал груп»	155
4.1.5 Впровадження методики на підприємстві ТОВ	

	16
«Павлогрардінвестбуд»	164
4.2 Розробка методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища	166
4.2.1 Впровадження методики у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет»	174
4.3 Заходи підвищення рівня безпеки праці операторів на постійних робочих місцях з урахуванням параметрів світлового середовища	178
4.4 Впровадження методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища у навчальний процес	180
Висновки до розділу 4	180
ВИСНОВКИ	182
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	184
ДОДАТОК А. Список публікацій здобувача та відомості про апробацію	196
ДОДАТОК Б. Результати тестування за методикою діагностики оперативної самооцінки САН в залежності від параметрів світлового середовища у виробничих умовах	200
ДОДАТОК В. Протоколи вимірювань	203
ДОДАТОК Г. Акт впровадження	213
ДОДАТОК Д. Акт впровадження	215
ДОДАТОК Ж. Акт впровадження	221
ДОДАТОК З. Акт впровадження	223

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВДТ – відеодисплейний термінал;

ВООЗ – всесвітня організація охорони здоров'я;

Б – експериментальні дослідження працеспроможності за тестами Бурдона;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ЛБ – лампа люмінесцентна з випромінюванням білого кольору;

ЛЛ – люмінесцентні лампи;

МКО – Міжнародна комісія з освітлення;

МОП – Міжнародна організація праці;

КПО – коефіцієнт природного освітлення;

МУ – мікрокліматичні умови;

ОП – освітлювальний прилад;

ОУ – освітлювальна установка;

ПК – персональний комп'ютер;

РП – робоча площа;

САН – самопочуття, активність, настрої;

СД – світлодіодні лампи;

СС – світлове середовище;

СУОП – система управління охороною праці;

Т-П – експериментальні дослідження за тестами Тулуз-П'єрона.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. В Україні останніми роками розширилась група соціально значущих захворювань ока, серед яких превалюють саме атрофія зорового нерву, що пов'язано з високою напругою зорового аналізатору за рахунок напруженості праці з використанням машин, устаткування приладів контролю та невідповідності світлового середовища.

В напрямку забезпечення безпечних та здорових умов праці, підтримання працездатності та функціональних можливостей, профілактики небезпечних випадків та професійних захворювань необхідно при оцінюванні умов праці враховувати вплив світлового середовища з урахуванням параметрів джерел освітлення.

Встановлено, що при проектуванні нових об'єктів та модернізації виробництв в проектних рішеннях не приділяється достатньої уваги впливу світлового середовища на умови праці, що не забезпечує підвищення працеспроможності та безпеки праці. Такий стан пов'язаний з відсутністю комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища. Тому підвищення безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища виробничих приміщень є важливою актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планом науково-дослідної роботи: «Дослідження процесів й закономірностей небезпечних та шкідливих виробничих чинників, котрі виявляються під час виробництва і експлуатації машин, механізмів, у процесі трудової діяльності людини. Методи управління та контролю для створення здорових і безпечних умов праці, ліквідації професійних захворювань, виробничого травматизму і аварій» (номер державної реєстрації №0116U006038, 2016–2020 рр.).

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи полягає у підвищенні рівня безпеки напруженої праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі основні наукові та прикладні завдання.

1. Провести аналіз травматизму та профзахворювань ока в Україні.
2. Провести аналіз виконання працівниками робіт в сучасному автоматизованому виробництві на постійних робочих місцях в приміщеннях, споріднених умов праці згідно класифікатору професій в Україні;
3. Встановити рівні функціонального стану працівників на постійних робочих місцях в діапазоні параметрів світлового середовища (джерело освітлення, його рівні, колірна температура) шляхом визначення психоемоційної реакції на напруженість праці.
4. Розробити алгоритм оцінки умов праці за фактором світлового середовища, який врахує як зоровий так і незоровий вплив на працеспроможність, безпеку праці оператора та дослідити фактор напруженості праці із визначенням показників працеспроможності за обраними тестами.
5. Провести систематизацію методологічних підходів при дослідженні фактору напруженості трудового процесу з урахуванням параметрів світлового середовища (джерело освітлення, рівень освітленості робочої площини, колірна температура).
6. Розробити адекватну модель світлового середовища для визначення параметрів світлового середовища та оцінити рівень безпеки праці в показниках працеспроможності.
7. Розробити та впровадити методику комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища у виробничих приміщеннях при виконанні робіт операторів з урахуванням напруженості трудового процесу, параметрів світлового середовища.

Об'єкт дослідження: встановлення закономірностей впливу світлового середовища на умови праці та напруженість трудового процесу працівників на постійних робочих місцях в приміщеннях.

Предмет дослідження: вплив параметрів світлового середовища на умови праці операторів в приміщеннях з урахуванням джерел освітлення.

Методи дослідження.

В роботі використано комплексний метод, який включає аналіз фундаментальних досліджень з питань освітлення робочих місць та його впливу на працеспроможність та безпеку праці. В дослідженнях застосовувались як відомі, так і вдосконалені теоретичні та експериментальні методи дослідження з використанням моделювання та програмного забезпечення DIALux.

Наукова новизна отриманих результатів

- вперше встановлено, що при виконанні працівниками робіт в сучасному автоматизованому виробництві згідно класифікатору професій в Україні ціла група працівників знаходяться в споріднених умовах праці при виконанні наступних робіт та професій: оператори систем управління та контролю за технологічним устаткуванням, керівники, менеджери та ін., яку умовно названо – «оператори». Встановлено, що для даної категорії працівників вагомим чинником умов праці є фактор світлове середовище;

- встановлено закономірності зміни функціонального стану операторів на постійних робочих місцях з урахуванням джерел освітлення від 300-1000 лк, що дозволяє оцінити умови та напруженість праці операторів від параметрів світлового середовища з урахуванням джерел освітлення та діапазону колірної температури;

- вперше встановлені закономірні зміни напруженості трудового процесу в показниках працеспроможності та безпеки праці операторів від параметрів світлового середовища робочих місць показників напруженості трудового процесу;

- підтверджено гіпотезу, що оператор при збільшенні інформації на моніторі має нижчий показник пропускної здатності зорового аналізатора ніж при роботі на паперовому носії, це необхідно враховувати при оцінці за показниками напруженості трудового процесу;

- вперше за результатами проведеного моделювання із застосуванням програмного забезпечення DIALux отримано адекватну модель світлового середовища постійних робочих місць, що дозволяє визначити порівняльні

кількісні параметри його та оцінити умови праці операторів за фактором напруженості трудового процесу;

- розроблено алгоритм комплексної оцінки умов праці за фактором світлового середовища, який враховує як зоровий так і незоровий вплив на працеспроможність та умови праці оператора;

- розроблено математичну модель залежності показників працеспроможності та безпеки праці від світлового середовища, апроксимовано номограму Крюїтгофа для визначення комфортного світлового середовища в рівнях освітленості та колірної температури.

Практичне значення отриманих результатів

- проведений аналіз умов праці для цілої категорії працівників, які мають спільні характерні ознаки діяльності, що потребує: сприйняття інформації зоровим аналізатором на відеодисплейних терміналах та персональних комп'ютерах, переробка інформації, прийняття рішення та відтворення обробленої інформації. Досліджено вплив світлового середовища згідно національних норм ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» та Європейського стандарту ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) на умови праці та напруженість трудового процесу;

- проведено моделювання впливу світлового середовища на умови праці із застосуванням програмного забезпечення DIALux, одержана адекватна модель світлового середовища, що дозволяє визначити порівняльні кількісні показники світлового середовища;

- запропонована форма означення характеристик невизначеності вимірювання при оцінці точності вимірів з рівнем довіри 95% для технічних розрахунків, що дозволяє запобігти необґрунтовано розширеному інтервалу похибки. Відносна розширена невизначеність коливається в діапазоні від 3,18 до 6,57 одиниць виміру, що відповідає ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018;

- розроблено алгоритм комплексної оцінки умов праці за фактором світлового середовища, який враховує як зоровий так і незоровий вплив на працеспроможність та безпеку праці оператора;

- розроблена «Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища», яка дозволяє провести оцінку умов праці у виробничому приміщенні при виконанні робіт цілої низки працівників (операторів) з урахуванням напруженості трудового процесу, параметрів світлового середовища;

- результати дисертаційної роботи впроваджені: у ТОВ «АВ метал груп» (акт впровадження від 25.12.2020 р.) та ТОВ «Павлоградінвестбуд» (акт впровадження від 6.04.2020 р.) методика «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівника при різних варіантах освітлення», Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» (акт впровадження 16.06.2021 р.) «Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища»; у навчальному процесі при викладанні дисциплін: «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» та «Психологія праці та її безпека» для здобувачів вищої освіти I та II рівнів підготовки за спеціальністю 263 – Цивільна безпека у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури (акт впровадження від 12.10.2020 р.).

Впровадження одержаних результатів дозволило визначити умови праці з урахуванням ідентифікації небезпек та визначити відхилення показників світлового середовища від діючих норм, підвищити безпеку праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища виробничих приміщень та одержати соціальний ефект.

Особистий внесок здобувача.

Безпосередньо автором:

- вперше встановлено, що при виконанні працівниками робіт в сучасному автоматизованому виробництві згідно класифікатору професій в Україні, ціла група працівників знаходяться в споріднених умовах праці при виконанні наступних робіт: оператори систем управління та контролю за технологічним

устаткуванням, керівники, менеджери та інші професії, які умовно названо – оператори. Встановлено, що для даної категорії працівників одним із важливих чинників є освітлення;

- вперше встановлено закономірні зміни працеспроможності та безпеки праці операторів від освітленості робочих місць з урахуванням швидкості сприйняття та переробки інформації;

- підтверджено гіпотезу, що оператор при збільшенні інформації на моніторі має нижчий показник пропускну здатності ніж при роботі на паперовому носії, що необхідно враховувати при оцінці умов праці та точності виконання завдань;

- вперше за результатами проведеного моделювання із застосуванням програмного забезпечення DIALux одержана адекватна модель світлового середовища, що дозволяє визначити порівняльні кількісні показники світлового середовища та оцінити умови праці операторів;

- встановлено закономірності зміни функціонального стану операторів на постійних робочих місцях з урахуванням природного та штучного освітлення, джерел освітлення від 300–1000 лк, що дозволяє оцінити умови та напруженість праці операторів від параметрів світлового середовища з урахуванням діапазону колірної температури та джерел освітлення;

- розроблений алгоритм комплексної оцінки умов праці за фактором світлового середовища, який враховує як зоровий так і незоровий вплив на працеспроможність та умови праці оператора.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи викладено та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня: Наука і техніка: перспективи ХХІ століття: Матеріали міжнар. міжвуз. наук.-практ. конф. мол. вчен. 30-31 березня 2017 р., Дніпро: ПДАБА; 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; Наука і техніка: перспективи ХХІ століття: Матеріали міжнар. міжвуз. наук.-практ. конф. мол. вчен. 18 квітня 2019 р., Дніпро: ПДАБА; Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and

Architecture. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. 26 листопада 2020 р., Дніпро: ПДАБА; VIII Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності в ХХІ столітті» (Дніпро, 19-20 листопада 2020).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 223 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 7 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 168 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 47 таблицями, 65 рисунками. Список використаних джерел містить 110 найменувань, з них 92 кирилицею та 18 латиницею.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН УМОВ ПРАЦІ НА ПОСТІЙНИХ РОБОЧИХ МІСЦЯХ В ПРИМІЩЕННЯХ

(Огляд літератури)

1.1 Аналіз травматизму та профзахворювань в Україні

Аналіз нещасних випадків та профзахворювань за останні п'ять років свідчить про зростання кількості страхових нещасних випадків, в основному у великих промислових містах. Серед причин нещасних випадків переважають організаційні (60–70 %, в деяких областях більше 80%), психофізіологічні (24,3–32,4 %) та технічні (3,45 %).

До організаційних – більшість належить до невиконання інструкцій з охорони праці. До психофізіологічних причин відносять: умови праці та невідповідність нормам (73 %), особиста необережність (18 %).

Розподіл виробничих травм за віком 20–40 років близько 50 % (48,1 %), професійних захворювань 40–49 років – 50%.

Зростання кількості страхових нещасних випадків на виробництві відбулося у: м. Києві – на 52 випадки, або на 16,4 %, Полтавській області – на 20 випадків, або на 17,5 %, Дніпропетровській області – на 18 випадків, або на 3,6 %, Сумській області – на 16 випадків, або на 25,4 %, Одеській області – на 11 випадків, або на 9,6 %, Хмельницькій області – на 9 випадків, або на 11,5 %, Чернівецькій області – на 5 випадків, або на 17,2%, Тернопільській області на – 2 випадки, або на 3,8 %.

Рівень травматизму і профзахворюваності значно вищий у країнах, що розвиваються, ніж у промислово розвинених. Так, у Європейському Союзі жертви щороку становлять близько 10 млн. людей з них майже 8000 гинуть [1].

Статистичні данні свідчать [2], що у світі кожні три хвилини внаслідок виробничої травми чи професійного захворювання помирає одна людина, травмуються чотири особи. В Україні кожні вісім хвилин травмується одна людина, а кожні п'ять годин помирає одна людина внаслідок травми.

За даними фонду соціального страхування кількість професійних захворювань за 9 місяців 2019 та 2020 рр. порівняно з 9 місяцями 2018 р. збільшилась на 26,5 % (рис. 1.1) Міжнародне бюро праці встановило, що в середньому на 100 тисяч працюючих припадає близько 6 нещасних випадків зі смертельними наслідками, а в Україні цей показник майже вдвічі більший – 11 загиблих на 100 тисяч працюючих [3].

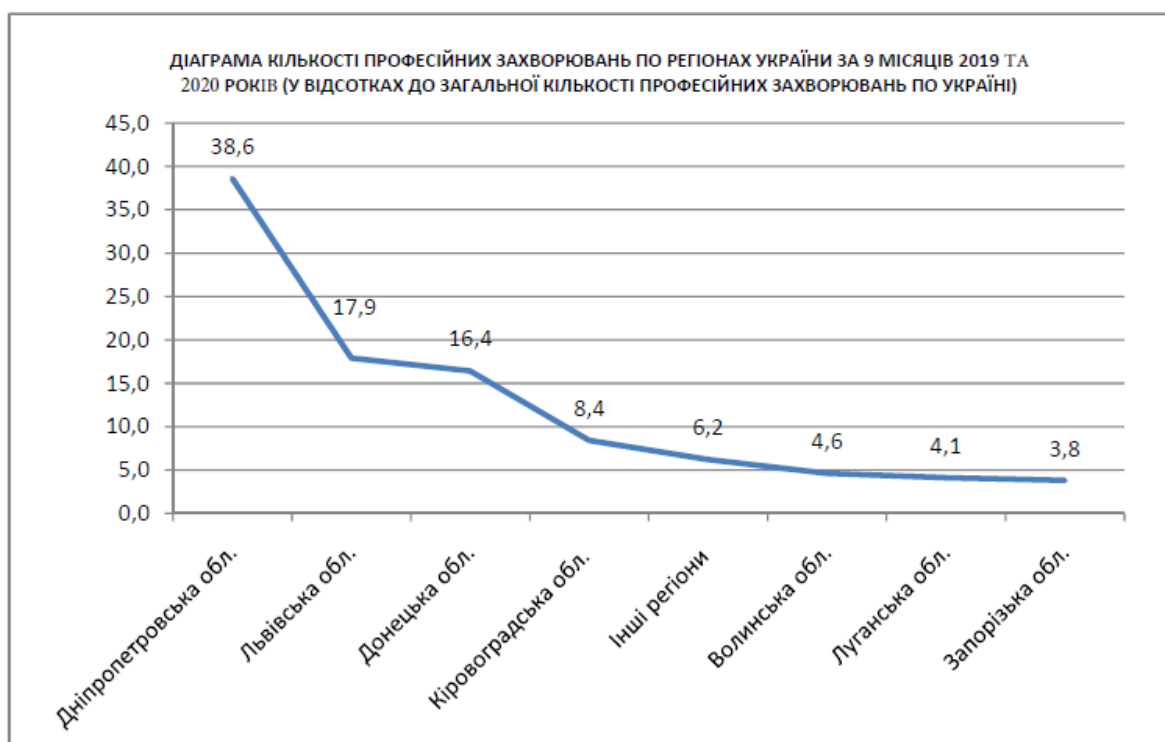


Рис. 1.1 Діаграма професійних захворювань по регіонах України за 9 місяців 2019 та 2020 років (у відсотках до загальної кількості професійних захворювань по Україні)

Отже, неналежні умови праці є основним чинником, що створює передумови для травмування людей і збільшення професійних захворювань, особливо у людей середнього віку. Міжнародні фахівці, які за програмою МОП в Україні, визначили причини великої кількості нещасних випадків зі смертельними наслідками, а саме:

- незадовільна підготовка робітників і роботодавців з питань охорони праці;

- відсутність належного контролю стану безпеки на робочих місцях та виконання встановлених норм;
- недостатнє забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту;
- повільне впровадження засобів та приладів колективної безпеки на підприємстві;
- зношеність засобів виробництва (у деяких галузях до 80 %) [1].

На основі аналізу статистичних даних та інформаційних джерел нами визначено, що високий рівень травматизму та професійних захворювань охоплює всі сфери діяльності працівників в промислових містах. Порушуються гігієнічні вимоги щодо створення безпечного, виробничого (оточуючого) середовища в приміщеннях. Якщо у виробництві будівельних матеріалів джерелом небезпечних чинників є сировина і технологія (способи виготовлення), що є специфічним фактором виробничого середовища, то фактор світлового середовища охоплює всі робочі місця приміщень. Отже, оцінка умов праці на постійних робочих місцях та визначення чинників виробничого середовища й трудового процесу за гігієнічними показниками є ключовим завданням для покращення стану безпеки та зниженню рівня травматизму та професійних захворювань.

В процесі праці і загалом всього життя, людина отримує 90 % інформації за допомогою зору. Тому умови праці та безпека виконання робіт суттєво залежить від зорового сприйняття.

Невідповідність світлового середовища функціонального стану працівника призводить до значних порушень здоров'я та травматизму. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у світі 150 млн. хворих зі значним зниженням зорових функцій. За останні 20 років кількість сліпих зросло на 12 млн. [4].

Особливе місце серед захворювань ока посідає атрофія зорового нерву, що значно знижує зорові функції людини працездатного віку [5]. За даними Є. С. Лібмана [4], ця патологія посідає одне з провідних місць у нозологічній структурі сліпоти та слабкозорості, поступаючись лише глаукомі та дегенеративній короткозорості. Згідно зі статистикою ВООЗ, за останні

десятиріччя рівень інвалідності пацієнтів з атрофією зорового нерва підвищився удвічі.

В Україні останніми роками розширилась група соціально значущих захворювань ока, за рахунок катаракти, глаукоми, хвороби зорового нерву та сітківки, які найчастіше є причинами сліпоти [6]. Серед таких захворювань превалюють саме атрофії зорового нерву, що пов'язане з високою напруженістю зорового сприйняття, яке є змістом діяльності операторів (менеджерів). За останні десять років атрофія зорового нерву в Україні зросла з 73,6 до 84,6 на 100 тис. населення і за темпами збільшення посіла одне з перших місць [6], що свідчить про недосконалість вибору систем освітлення на робочих місцях.

Згідно досліджень медиків, атрофія зорового нерву є наслідком низки патологічних процесів, що впливають на різні ділянки зорового аналізатора – від гангліозних клітин сітківки до зорової кори головного мозку [5]. Серед етіологічних факторів переважають захворювання центральної нервової системи (об'ємні процеси головного мозку, запальні захворювання мозку, черепномозкові травми, патологічні процеси в зоровому нерві і сітківці (запалення, дистрофія, порушення кровопостачання, дія токсинів), загальні захворювання (атеросклероз, гіпертонічна хвороба, цукровий діабет), спадкові фактори [7, 8]. Механізм незорових реакцій на світло та шлях вироблення мелатоніну представлено на рис. 1.2.

Встановлено, що дисфункція зорового сприйняття за останні роки пов'язана також із погіршенням екологічного середовища. Доведено збільшення захворюваності на атрофію зорового нерву при хімічному забрудненні питної води (солями важких металів, синтетичними поверхневоактивними речовинами, пестицидами), а також внаслідок впливу електромагнітних полів (високої частоти, електростатичних, постійного магнітного поля, електромагнітного поля промислової частоти, полів радіолокаційних станцій) [4].

В 75–80 % випадків захворюваність очей пов'язана з різними загальними захворюваннями (неврологічними, ендокринними, судинними) [4, 10, 11].

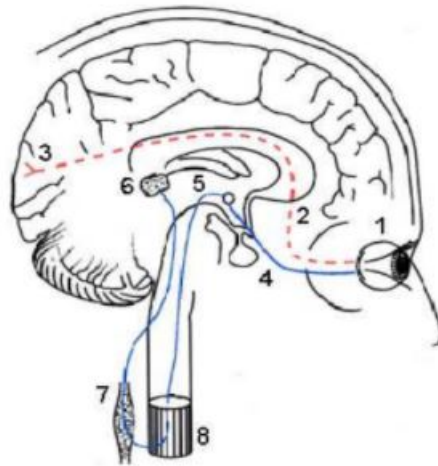


Рис. 1.2 Структура мозку яка забезпечує вплив світла на функціонування різноманітних систем організму [9].

1 – ретина; 2 – оптичний нерв; 3 – зорова кора головного мозку;

4 – ретиногіпоталамусний тракт; 5 – супрахіазматичне ядро;

6 – шишковидна залоза; 7 – спинномозковий ствол; 8 – верхній шийний нервовий вузол.

----- - зоровий шлях

————— - фотобіологічний шлях

Умови праці на кожному робочому місці формуються чинниками виробничого середовища та трудового процесу [12]. Згідно проведеного аналізу змісту роботи працівників (операторів та апаратників, що виконують цілу низку технологічних операцій при виробництві будівельних виробів і матеріалів на підприємствах будівельної індустрії та при будівництві з застосуванням цілого ряду машин та устаткування) визначено, що за останні роки у зв'язку зі зміною технологій та автоматизацією технологічних процесів у виробництві різних галузей збільшилась частка: операторів-фахівців, професіоналів, технічних службовців, робітників з обслуговування, експлуатації та контролю технологічного устаткування та машин.

1.2 Аналіз умов праці на постійних робочих місцях в приміщеннях

Для підвищення безпеки праці, необхідно встановити наявність та вагомість чинників, які негативно впливають на стан здоров'я робітників, умови праці та психофізіологічний стан людини в цілому.

Аналіз сучасних об'ємно-планувальних рішень виробничих приміщень та розміщення в них робочих місць показує, що робочі місця працівників з управління та контролю виробничого процесу (операторів), відокремлені від самого виробництва в результаті впровадження заходів зниження впливу шкідливих чинників. Оцінку умов праці робітників наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Оцінка умов праці на постійних робочих місцях

Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Класи умов праці* на постійних робочих місцях		
	До модернізації виробництва (розташування робочого місця безпосередньо у технологічному циклі)	Після модернізації виробництва та робочі місця менеджерів, фахівців, технічних службовців, професіоналів**	Співпадіння показників щодо оцінки умов праці
1	2	3	4
Фізичні:			
Шум	1-4	1-2	-
Вібрація	1-4	1-2	-
Інфразвук	1-4	1-2	-
Ультразвук	1-4	1-2	-
Неіонізуючі випромінювання	1-3	1-2	-
Іонізуючі випромінювання	-	-	-
Мікроклімат	1-3	1-2	-
Атмосферний тиск	-	-	-
Освітленість	1-3	1-3	+

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Іонізація повітря	1-3	-	-
Важкість праці	1-3.2	-	-
Напруженість праці	1-3.2	1-3.2	+
Загальна оцінка умов праці 3.2 – шкідливі умови праці 2 ступінь			

Примітки:

1. * - умови праці згідно [12];
2. ** - професії робітників згідно [13].

Згідно проведеного аналізу умов праці з урахуванням модернізації виробництв (табл. 1.1) визначено, що в значній мірі впроваджено заходи, які поліпшують умови праці (зниження рівня шуму, вібрації, випромінювання, мікроклімат, освітленість, іонізація повітря, важкість та напруженість праці).

Визначено, що умови праці характеризуються показниками виробничого середовища: мікрокліматичні умови та освітлення, а трудовий процес – напруженістю. В результаті модернізації виробництва на вказаних підприємствах вплив фізичних, хімічних факторів виробничого середовища та важкості трудового процесу суттєво знизився, натомість мікрокліматичні умови та освітлення робочих місць набули значного впливу на умови праці. Мікроклімат в приміщенні забезпечується інженерним обладнанням опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. В той же час заходи, які направлені на створення якісного світлового середовища робочих місць, згідно нормування освітлення з урахуванням сучасних досліджень нездорового впливу на функціональний стан людини нових джерел освітлення, знаходяться тільки в початковій стадії розробки, що є суттєвим недоліком формування безпечного світлового середовища.

Система освітлення робочого місця залежить від конструктивних рішень, які повинні враховувати ергономічні вимоги до трудового процесу. Наявність світлових отворів в приміщеннях забезпечує робоче місце природним світлом, що

є основним заходом забезпечення сприятливими умовами праці за фактором світлового середовища. Штучне освітлення визначається проєктом згідно діючих норм [14]. В той же час аналіз впливу параметрів світлового середовища (природного та штучного) на психофізіологічний стан людини підтверджує необхідність подальшого дослідження впливу освітлення на працеспроможність працівників.

1.2.1 Аналіз умов праці на постійних робочих місцях за показниками світлового середовища

Проведений нами аналіз показав, що освітлення є одним з основних факторів, що визначають умови праці та безпеку виробничих процесів. Якість світлового середовища впливає не тільки на працеспроможність, а також може призвести до травмування працівників та аварійної ситуації на підприємстві, однак цьому фактору не приділяється значна увага при модернізації виробництва.

Невідповідність освітлення умовам роботи сприяє швидкій стомлюваності людини: знижується продуктивність праці, зростає напруженість нервової системи, виникає небезпека помилкових дій. Згідно статистичних даних [15, 16], до 5% травм пов'язано з недостатнім і нераціональним освітленням, а в 20% неякісне освітлення сприяє збільшенню ризику виникнення важких травм і загибелі працівників. Недостатнє освітлення є причиною професійних захворювань, таких як робоча міопія, спазм акомодатії, головні болі, нервові розлади і т.д.

Аналіз наукових робіт [17–26], присвячених дослідженню впливу освітлення на здоров'я людини та безпеку життєдіяльності в умовах виробництва показав, що для забезпечення сприятливих умов праці системи освітлення повинні бути адаптовані до функціональних можливостей людини, з урахуванням тенденцій розвитку підприємства та обсягів застосування машин, механізмів, приладів контролю.

Результати досліджень в області гігієни і психології праці відомих вчених, таких як, Ван ден Бельд, Берсон Д. М., Бреїнад Г. С., Ронкі Л. Р., Іоффе К. І., Гвозденко Л. А., доводять доцільність використання на робочих місцях, в першу чергу, природного освітлення, яке діє як сприятливий фактор на функціональний стан людини. Оцінка умов праці за показниками світлового середовища з впровадженими новими системами освітлення на постійних робочих місцях ще недосконала, оскільки не враховує функціональний стан людини при напруженій праці, як передбачається в [12]. Згідно цього нормативу, оцінка здійснюється за показниками всіх чинників, що нормуються. Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості [12]. Для робочих місць на виробництвах при скороченні часу контакту зі шкідливими факторами (захист часом), застосуванні ефективних ЗІЗ, рівень професійного ризику ушкодження здоров'я зменшується, внаслідок чого умови праці можуть бути оцінені, як менш шкідливі (відповідності ЗІЗ), але не нижче ступеня 3.1 класу 3 [12].

Як показує проведений нами аналіз при напруженості праці особливо необхідно враховувати світлове середовище в різних діапазонах освітленості та колірної температури, що безпосередньо впливає на вироблення гормонів кортизолу або мелатоніну, які змінюють психоемоційний стан людини.

Так, згідно з проведеними дослідженнями [19], встановлена тенденція зменшення нещасних випадків при збільшенні рівня освітленості на робочих місцях для різних виробництв (рис. 1.3).

Фактор світлового середовища є вагомим чинником для значної частини працівників та операторів, основним змістом роботи яких є отримання, переробка та відправлення інформації. Відповідні умови праці характеризуються монотонністю і напруженістю. Разом з цим підвищуються вимоги до швидкого сприйняття, концентрації уваги, швидкості мислення. Тому, ефективність роботи даної категорії працівників залежить від психофізіологічних факторів, що впливають на виконання цих функцій, а значить і від показників світлового середовища.

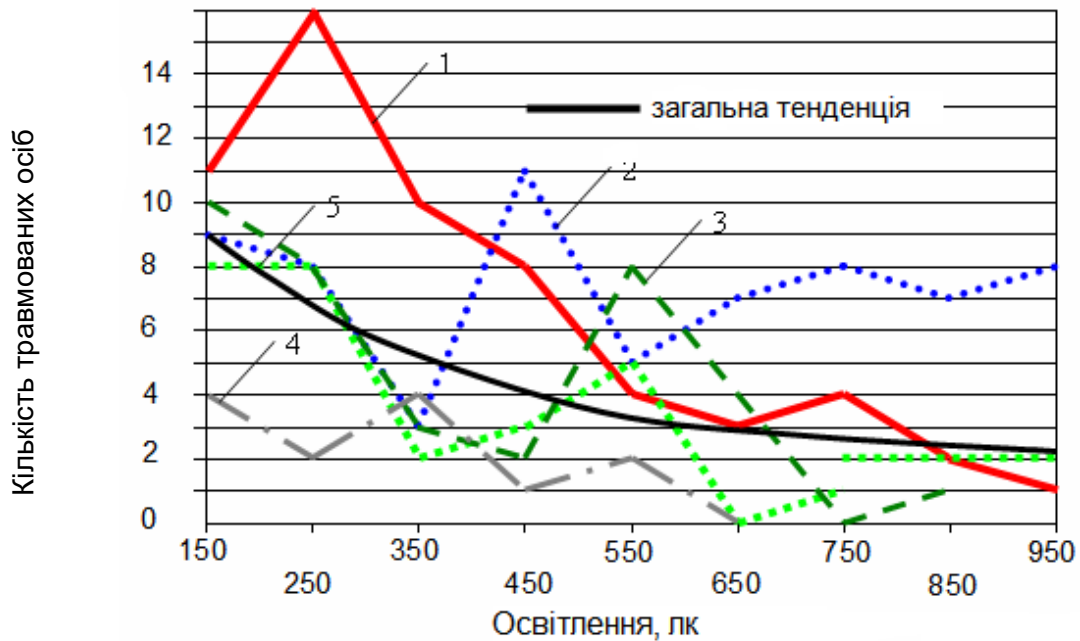


Рис.1.3 Кількість нещасних випадків для різних промислових завдань в функції рівня освітленості:

- 1 – розтяг, забиття, удар; 2 – порізи і інші ушкодження;
- 3 – затискання, контузії; 4 – переломи; 5 – опіки, запалення.

На основі проведеного нами аналізу визначено, що при достатньому освітленні прискорюється і полегшується трудова діяльність працівників, поліпшується якість виконуваної роботи, що позитивно впливає на продуктивність праці та створює додаткові чинники підвищення безпеки праці [27, 28].

1.2.2 Аналіз досліджень показників напруженості трудового процесу працівників при управлінні технологічними процесами та устаткуванням

Основними показниками напруженості праці є: тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну [12].

До теперішнього часу, дослідження напруженості праці проводилося незалежно від рівнів освітлення на всіх стадіях змісту роботи для даної категорії працівників: сприйняття, увага, зосередженість, мислення. Тому виникла необхідність встановлення залежності напруженості праці та зорової працеспроможності, від характеристик світлового середовища з використанням фундаментальних методів аналізу психічної діяльності.

У різних дослідженнях [19] нормування рівня освітленості приводилось за критеріями оцінки зорової працездатності з урахуванням продуктивності праці, яка визначається швидкістю виконання роботи. Нормування освітленості робочого місця повинно базуватись на результатах наукових досліджень в галузях фізіології зору, гігієни праці, екології оточуючого середовища, світлотехнічних параметрів сучасних систем освітлення, енергоефективності та ефективності створення якісного світлового середовища. Відомі залежності працездатності від рівнів штучної освітленості досліджені при застосуванні ламп розжарювання та люмінесцентних ламп. В той же час з розвитком нових джерел освітлення виникла необхідність в подальших дослідженнях впливу сучасних систем освітлення СД на працеспроможність, і далі - на напруженість праці. Оцінка працездатності з урахуванням зорового сприйняття проводилася за тестами коректурної проби з кільцями Ландольта. Швидкість сприйняття і переробки інформації визначається за формулою 1.1:

$$S = \frac{0,5436 \cdot N - 2,807 \cdot n}{T}, \quad (1.1)$$

де S – швидкість сприйняття і переробки інформації, біт/с;

N – кількість переглянутих знаків, шт.;

n – кількість помилок, шт.;

T – час виконання операції (завдання), с.

Формула 1.1 не враховує ступінь напруженості трудового процесу та точність його виконання, кваліфікацію та різні якості працівника. Тому є допоміжною при визначенні продуктивності праці.

В дослідженнях [29] визначались продуктивність праці і трудомісткість операцій в залежності від умов освітлення. Зниження трудомісткості (%) розраховувалось за формулою 1.2:

$$a = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% , \quad (1.2)$$

де T_1, T_2 – середня тривалість операції до і після зміни умов освітлення, с.

На теперішній час змінилися як джерела освітлення робочих місць так і зміст роботи працівників, що потребує подальших досліджень впливу світлового середовища на їхній функціональний стан.

Згідно проведеного нами аналізу для визначення оперативності працівника при управлінні устаткуванням технологічних процесів застосовуються різні методи дослідження їх роботи: сприйняття, працеспроможності, уваги та зосередженості [30].

Методи дослідження змісту роботи операторів:

Сприйняття. Дослідження способу сприйняття включає в себе ряд фаз, пов'язаних з розв'язанням перцептивних завдань: від недиференційованого сприйняття до формування цілісного образу предмета, на підставі якого можна будувати адекватну діяльність [30].

Найпоширенішим методом дослідження сприйняття є дослідження сенсорної збудливості (проби Ашафенбурга, Рейхардта). Оцінюються суб'єктивні відчуття, які виникають в процесі експерименту, а також можливий ілюзорний стереоскопічний обман, що більш спрямовано на встановлення вад психіки, ніж на зміну функціонального стану в процесі трудової діяльності.

Методи дослідження мислення спрямовані, як правило, на визначення рівня розвитку аналітичності, індуктивного мислення і зорової пам'яті (дослідження В. М. Блейхера, І. В. Крука, С. Н. Бокова в описі Р. Мейлі [31]), а не на якість та точність виконуваної роботи. Ці показники можна отримати за допомогою дослідження уваги та зосередженості.

Методи дослідження уваги та зосередженості. Ефективність уваги визначається рівнем зосередженості (інтенсивність, концентрація), обсягом (широта, розподіл уваги), швидкістю перемикавання і стійкістю [31].

Найпоширенішими методами дослідження уваги, прийнятими як в загальній психології, так і в нейропсихології, є дві бланкові методики: рахунок за Крепеліном (додавання пар вертикально розташованих цифр, принципова можливість якого повинна бути підтверджена збереженням калькуляційних функцій) і різні варіанти тестів Бурдона [30]. Спільним для них є одноманітність виконуваних операцій, що відносно швидко може викликати стомлення і провокувати помилкові дії. Ці методи дозволяють дослідити темп роботи, коливання стійкості, зниження обсягу і порушення переключення уваги, а також отримати загальну картину трудового процесу оператора, виражену в кількісних критеріях. Цінну інформацію несуть в собі показники якості виконання робіт, що визначаються продуктивністю, точністю, швидкістю та обсягом виконання завдання, які можна отримати за допомогою математичної моделі трудового процесу з урахуванням впливу світлового середовища. Таким чином, доцільно використання вищевказаних методик аналізу психічної діяльності для подальшого дослідження впливу освітлення на напруженість праці. Тому згідно проведеного дослідження було визначено, що найбільш точним показником концентрації уваги вважається її стійкість, для визначення якої застосовується, формула 1.3.

$$N=A/T, \quad (1.3)$$

де A – загальна кількість правильно виявлених стимулів, шт.;

T – проміжок часу, протягом якого здійснюється виділення стимулів суб'єктом, с.

Вказана формула може бути використана в тестах Бурдона та їх модифікаціях (стійкість розраховується за часом здійснюваної роботи).

Правильно спроектоване світлове середовище опосередковано впливає на зорову працеспроможність. Методика вивчення перцептивної уваги полягає в умінні швидко і точно помітити, виділити суттєві деталі об'єкта, зовнішнього оточення, що притаманне змісту діяльності працівників.

У дослідженнях [28, 32–34] була встановлена пряма кореляційна залежність успішності виконання завдання (зниження кількості помилок) від рівня освітленості, що як наслідок, дає можливість прогнозувати зменшення аварійних ситуацій.

До суб'єктивних чинників працеспроможності працівників відносять: вік, стать, емоційний стан, рівень професійної підготовки, які можна визначити за [35]. Об'єктивні показники: стійкість уваги та зорова чутливість, визначаються не тільки напруженістю праці, а в значній мірі залежать від показників світлового середовища.

Таким чином, подальші дослідження умов праці за фактором світлового середовища на основі визначення напруженості праці з використанням проаналізованих методик дадуть змогу встановити об'єктивні показники працеспроможності операторів в функції характеристик сучасних систем освітлення.

1.2.3 Аналіз досліджень впливу освітленості на психофізіологічний стан людини в трудовому процесі на постійному робочому місці

Видиме світло дає можливість людині зором сприймати до 90 % інформації про навколишній світ, впливає на тонус центральної та периферійної нервової системи, на обмін речовин, на працеспроможність та самопочуття [36, 37]. Дія світла визначається його спектральним складом та кількістю падаючої енергії на поверхню тіла, яка поглинається тканинами організму та оком. Енергія видимого випромінювання найглибше проникає в тканини порівняно з інфрачервоним та

ультрафіолетовим спектром [38]. Також світло регулює температуру організму, секрецію гормонів, серцевий ритм, вироблення вітаміну D [39].

Дослідження [9, 40–45] виявили максимальну чутливість фоторецепторів на довжинах хвиль 430÷470 нм. При потраплянні світла на фоторецептор іде складна хімічна реакція: по нервовим волокнам передається сигнал до «супрахіазматичних ядер», зв'язаних з шишковидною залозою мозку через ретиногіпоталамусний тракт [36]. В цьому діапазоні проходить реакція пригнічення мелатоніну, який є гормоном втоми або гормоном, що відповідає за циркадний (добовий) ритм організму, рисунок 1.4 [46].

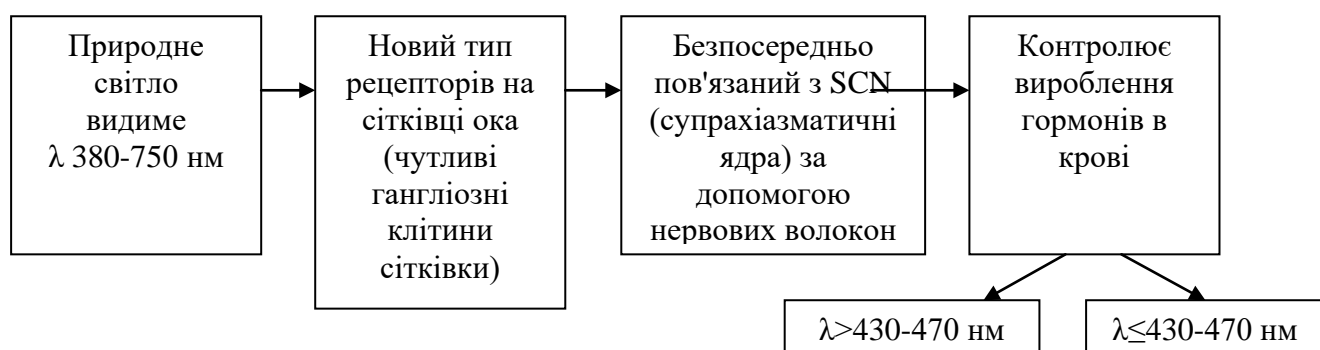


Рис. 1.4 Вплив природного світла на активність людини

Поява даного рецептора є наслідком еволюції організму людини, згідно циркадного ритму. Ввечері сонячне світло має колірну температуру 3400 К і малу інтенсивність випромінювання в діапазоні 430÷470 нм, що призводить до вироблення мелатоніну і зміни психофізичного стану людини в сторону відпочинку. Вдень колірна температура складає 5600 К, що призводить до зменшення кількості мелатоніну в крові. Відповідно цього найбільше мелатоніну виробляється вночі з піком інтенсивності о 2 ночі, а з ранку його інтенсивність значно зменшується до 40 разів [47]. На рис. 1.5 зображено спектральну функцію циркадної ефективності з максимумом на довжині хвилі 450 нм [48, 49]. Дана залежність показала необхідність додаткового дослідження впливу різних джерел світла в тому числі і світлодіодів на напруженість роботи операторів, оскільки

синій світлодіод з довжиною хвилі 450 нм співпадає з максимумом функції циркадної ефективності, (рис. 1.6).

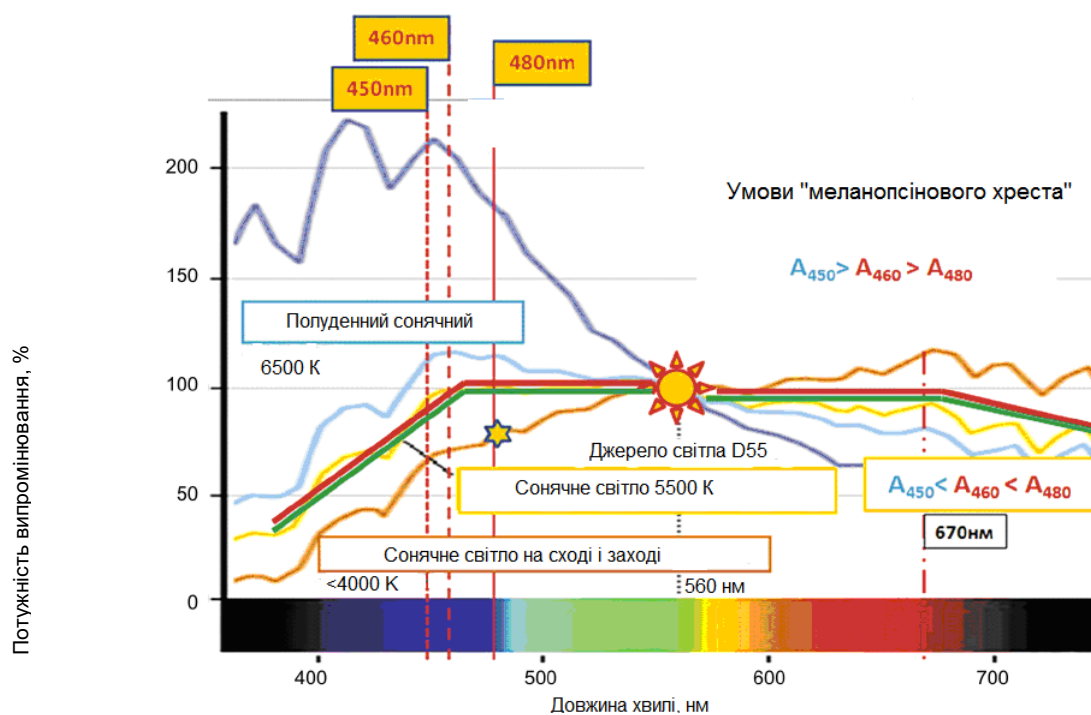


Рис.1.5 Спектр природного світла в залежності від часу доби

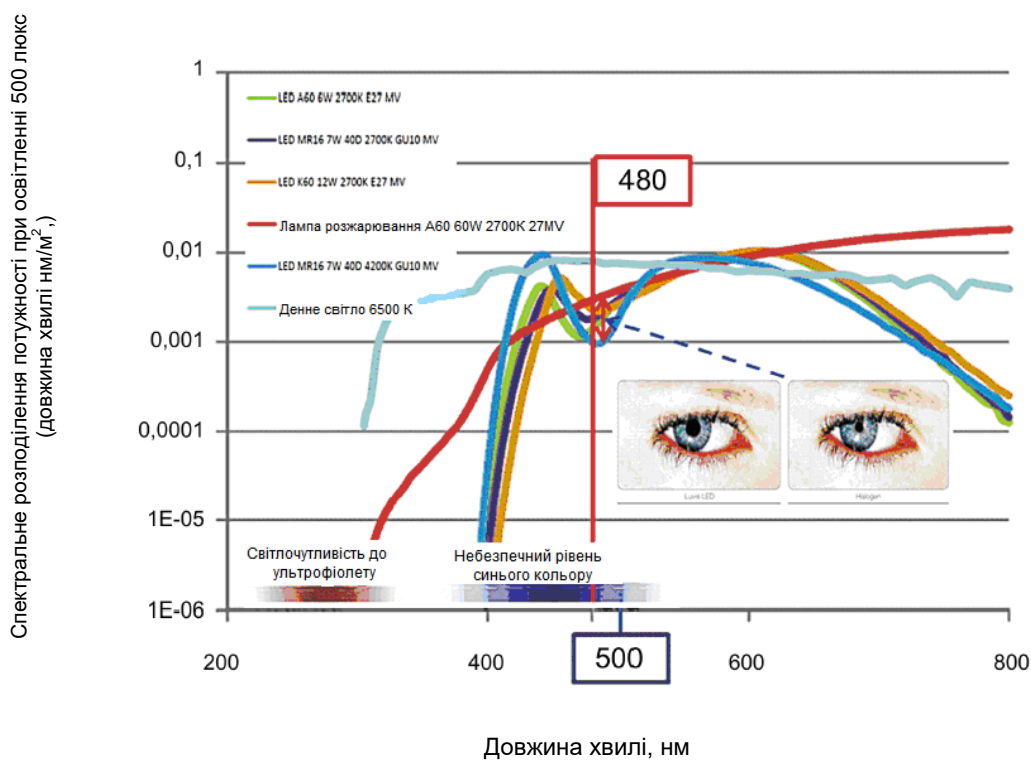


Рис.1.6 Порівняння сонячного спектру, люмінесцентних та світлодіодних ламп

Тому для оцінки циркадної ефективності певного виду випромінювання в [49] використано коефіцієнт циркадної ефективності, який характеризує ступінь впливу на циркадний ритм за формулою 1.4.

$$a_{CV} = \frac{\int_{380}^{780} X(\lambda) \cdot c(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} X(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}, \quad (1.4)$$

де $X(\lambda)$ – спектральна густина потоку випромінювання;

$c(\lambda)$ – функція відносної циркадної ефективності;

$V(\lambda)$ – функція спектральної світлової ефективності.

В роботах [50–52] було проведено вимірювання спектрів випромінювання різних джерел світла, які наведені на рис. 1.5–1.7, та обчислено для них значення коефіцієнта циркадної ефективності (табл. 1.2), побудовано залежності коефіцієнта циркадної ефективності для різних типів джерел світла від колірної температури їх випромінювання (рис. 1.7).

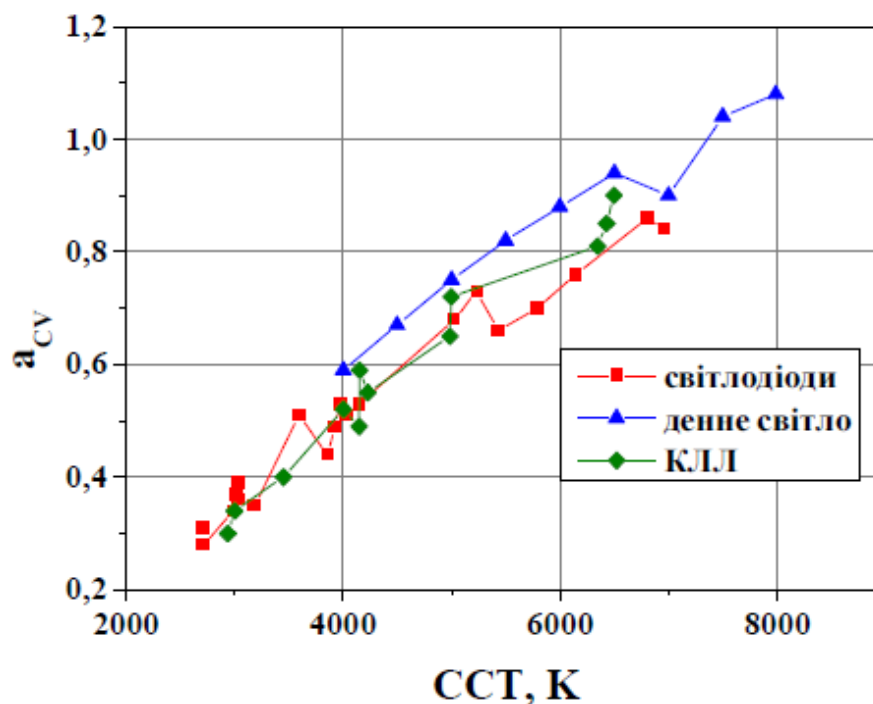


Рис. 1.7 Залежності коефіцієнту циркадної ефективності від колірної температури для різних джерел світла

Значення коефіцієнтів циркадної ефективності для різних джерел світла

Джерело світла	ССТ, К	a_{cv}	Джерело світла	ССТ, К	a_{cv}
1	2	3	4	5	6
Світлодіоди			D40	4005	0,59
XLamp CXA2011 cool white	5026	0,68	D45	4502	0,67
XLamp CXA2011 neutral white	3990	0,53	D50	5000	0,75
XLamp CXA2011 warm white	3023	0,37	D55	5499	0,82
Xlamp ML-B Neutral White	4150	0,53	D60	6000	0,88
Xlamp ML-B Warm White	2718	0,28	D65	6501	0,94
XP-G Cool White	6149	0,76	D70	7000	0,9
XP-G Warm White	3035	0,39	D75	7497	1,04
XLamp XT-E cool white	6965	0,84	D80	7989	1,08
OLP-X3528F4A, 3000K	2994	0,34	A	2857	0,38
OLP-X3528F4A, 4000K	3928	0,49	F1	6430	0,85
OLP-X3528F4A, 6500K	6803	0,86	F2	4230	0,55
Oslon Square LCW_CQAR	3035	0,36	F3	3455	0,4
Warm White (color rank sw35)	3594	0,51	F4	2942	0,3
White (color rank c)	5430	0,66	F5	6348	0,81
White (Hight CRI, color rank sw50)	5232	0,73	F6	4149	0,49
LXM3-PW51	3973	0,53	F7	6496	0,9
LXM3-PW81	2717	0,31	F8	4998	0,72
LXM7-PW40	4040	0,51	F9	4167	0,59
LXML-PW31, PW21, PW11	5791	0,7	F10	4988	0,65
LXML-PW51	3861	0,44	F11	4007	0,52
LXML-PW71	3191	0,35	F12	3004	0,34

Як видно з рис. 1.7, у світлодіодних джерел енергетична складова синьої компоненти в спектрі білого світла не більша ніж у денного та інших джерел. Це дозволяє стверджувати, що спектральна складова випромінювання світлодіодів, має вплив на вироблення гормону мелатоніну в організмі людини подібний до денного світла. При колірній температурі близько 5000 К коефіцієнт циркадної

ефективності збігається для всіх джерел освітлення. Цю властивість потрібно використовувати при проектуванні новітніх систем суміщеного освітлення. Відомі наукові дослідження в галузі фізіологічної оптики [7–11, 15] доводять дію світла на біологічні, психологічні функції працівника в залежності від природи випромінювання та його параметрів. Тому для підвищення безпеки праці операторів потрібно визначити дію параметрів сучасних джерел освітлення на напруженість праці [48]. Чинні норми [14, 53] містять показники для виконання зорових завдань в умовах рівномірного освітлення ідеальної якості, в той час реальні умови освітлення інші. Розрахунки освітленості приблизні і не відповідають реальним умовам та змісту роботи операторів.

1.3 Діючі норми з проектування освітлення на постійних робочих місцях в приміщеннях

Цілями нормування освітлення є створення світлового середовища, яке забезпечує комфортні та безпечні умови праці з встановленими кількісними і якісними параметрами.

У промисловому освітленні ефективність систем освітлення визначається продуктивністю праці, зоровою працеспроможністю, заданою ймовірністю правильного рішення заданої задачі, видимістю розрізнених об'єктів [54].

Критерієм нормування є показник світлотехнічної ефективності освітлення, на основі якого обирають нормовані кількісні і якісні параметри. Критерієм нормування може бути така характеристика, для якої встановлена її залежність від параметрів освітлення. Визначають його ефективність, регламентують величини, безпосередньо визначаючи ефективність освітлення:

- ймовірність створення аварійної та травмонебезпечної ситуації;
- зорова працеспроможність;
- безпека праці.

На теперішній час відсутність достатніх даних про зміст роботи операторів, розташування робочих місць в приміщеннях не за призначенням, ускладнюють

вибір регламентованих показників освітлення, які дозволили би перейти від зорової працеспроможності, продуктивності праці до нормованих фотометричних характеристик освітлення.

Природне освітлення робочих місць в приміщенні залежить від погоди і безперервними змінами за часом. Кількісним показником є відносна величина – коефіцієнт природного освітлення, який виражається у відсотках. КПО може бути визначеним шляхом розрахунку або експериментально.

Зниження освітлення при експлуатації систем природного і штучного освітлення у результаті старіння чи забруднення джерел світла враховується коефіцієнтом запасу K_3 ($K_3 > 1$) або експлуатації $MF = 1/K_3$ ($MF < 1$). У зв'язку із зростанням коштовності енергоносіїв важливе значення набувають показники енергоефективності освітлення.

Штучне освітлення підрозділяється за видами на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове освітлення. При проектуванні освітлення використовують три методи: точковий, метод використання світлового потоку, питомої потужності. Алгоритм та приклади розрахунку представлено у [55, 56]. Загальновідомі розрахунки призначені для ламп розжарювання та люмінесцентних, мають приблизний характер і не відповідають реальним параметрам освітлення робочих місць. Створення сучасних систем освітлення потребує індивідуального підходу до проектування з урахуванням функціонального стану працівника і специфіки виконання робіт

До якісних характеристик освітлення відносяться показники, які впливають на комфортні умови для роботи зору: показник дискомфорту, узагальнений показник дискомфорту, відбита засліплена дія, яскравість, рівномірність розподілу освітлення, спектральні характеристики оптичного випромінювання. Неefективне використання штучного освітлення призводить не тільки до захворювань ока, але й до зайвих додаткових енерговитрат на обладнання та обслуговування освітлювальних установок. Оскільки, природне освітлення є сприятливим фактором світлового середовища, то ефективні рішення щодо покращення умов праці на робочих місцях можна отримати при раціональному

використанні всіх джерел, особливо новітніх Smart System [57], які побудовані на основі світлодіодів.

У міжнародній практиці нормування враховують, що освітлення має бути більше 200 лк, оскільки при освітленні нижче 200 лк приміщення сприймаються як сутінкові.

Освітлення приміщення і робочі місця, які в них знаходяться можуть бути виконані двома системами: загальним освітленням або комбінованим освітленням – поєднанням загального і місцевого освітлення. Загальне освітлення, у тому числі і в системі комбінованого освітлення, може бути рівномірним або локалізованим (світильники розташовуються нерівномірно з урахуванням розташування робочих місць).

Коефіцієнт запасу K_3 (розрахунковий коефіцієнт), що враховує зниження КПО і освітленості в процесі експлуатації внаслідок забруднення і старіння світлопрозорих заповнень у світлових прорізах, джерел світла (ламп) і світильників, а також зниження відбиваючих властивостей поверхні приміщення. З впровадженням нових систем освітлення в світі більш поширене застосування коефіцієнта експлуатації MF (Maintenance Factor), який пов'язаний з коефіцієнтом запасу, як: $K_3 = 1/MF$.

У рекомендаціях ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) встановлено критерій зорової працездатності працівника середньостатистичного віку для визначення рівня освітленості, а також наведено облік показників зорових завдань і офтальмологічних можливостей людини [28, 33, 34].

В умовах автоматизації виробничих процесів робочі місця даної категорії працівників повинні розташовуватися в окремих приміщеннях. Зміст їх роботи – це оброблення даних, друкування, читання та прийняття рішень. Такий зміст узгоджується з європейськими нормами для офісних приміщень п.5.26.2 [53]. Аналогічний вид діяльності в національних нормах відповідає вимогам приміщень обслуговуючого персоналу додаток Д, табл. Д1. п.1. і відноситься до адміністративно-побутових споруд, оскільки такого виду діяльності у

загальнопромислових будівлях і спорудах (додаток Г) [14] не визначено. Світлове середовище робочих місць операторів в таких приміщеннях повинно задовольняти вимогам [53]. Національні норми не враховують деякі якісні показники, а кількісні – нижче європейських. Порівняння показників наведено у табл. 1.3.

Робота даної категорії працівників згідно [14, табл. 5.2] характеризується високою точністю (Б1), а саме: тривалість зорової роботи в напрямку зору на робочу поверхню не менш ніж 70 % з найменшим розміром об'єкта розрізнення від 0,3 до 0,5 мм.

Аналіз існуючих методологічних підходів щодо забезпечення освітленням робочих місць показав, що при нормуванні визначалася зорова працездатність, але не враховувався психофізіологічний стан людини в цілому, що вимагає проведення таких досліджень.

Таблиця 1.3

Світлотехнічні вимоги та нормативні показники освітлення робочих місць в приміщеннях

Показники	Нормативні документи	
	Європейський стандарт ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT)	Національні норми ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
Освітленість робочих поверхонь, лк	500	300
Показник дискомфорту блискавість UGR_L	19	не нормується
Рівномірність освітлення U_0	0,60	не нормується
Індекс кольоропередачі R_a	80	не нормується

1.4 Ризик-орієнтований підхід в оцінці умов праці

Безпечні і здорові умови праці, підтримка спроможності та задовільного психофізіологічного стану операторів, а також профілактика нещасних випадків та професійних захворювань забезпечується вдосконаленням системи управління охороною праці (СУОП) [58]. Перспективним напрямом удосконалення СУОП є ризик-орієнтований підхід до оцінки виробничих чинників та небезпек. Згідно [59] загальне оцінювання ризику (ідентифікація та аналіз) можна провадити на рівні окремих видів діяльності або конкретних ризиків.

Застосування ризик-орієнтованого підходу до підвищення безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища виробничих приміщень передбачає використання комплексного аналізу впливу цих параметрів на працеспроможність, як інтегрального показника рівня безпеки згідно [59].

Розроблена методика визначення рівня небезпеки для працівників, яка представлена в [60], встановлює функцію ризику оцінки $\delta(x)$ для параметра θ , обчислену за певних чинників виробничого середовища x , як математичне очікування функції втрат $L(\theta, \delta(x))$:

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \cdot f(x|\theta) dx, \quad (1.5)$$

де $L(\theta, \delta(x))$ – функція втрат від параметра оцінки θ і значення оцінки $\delta(x)$;

$f(x|\theta)$ – ймовірність небажаної події.

Для визначення наслідків використовувалась функція ризику, яка характеризує величину ймовірності ушкодження здоров'я працівників.

Кількісна оцінка потенціальної шкідливості виробничих процесів здійснювалась визначенням імовірності дії j -го небезпечного фактору для речовин чи шкідливого чинника за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (1.6)$$

де P_j^b – імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^p – імовірність перебування людини у зоні дії j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^{nc} – вражаюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини).

Для оцінки умов праці за фактором світлового середовища необхідно враховувати не тільки наявність чинників виробничого середовища, але й чинників трудового процесу. Це потребує подальших досліджень та розробки математичної моделі «освітлення – напруженість праці – працеспроможність – безпека праці».

Головною вимогою Національного та Європейського Стандартів з освітлення робочих місць [53] є створення світлового середовища, яке б задовольняло повністю потреби людини в процесі трудової діяльності за трьома основними напрямками:

1. зоровий комфорт, коли працівники мають хороше самопочуття, опосередковано це також сприяє підвищенню рівня працездатності та якості роботи;

2. зорова працездатність, коли працівники можуть виконувати свої зорові завдання навіть у важких умовах і протягом більш тривалих періодів;

3. безпека праці.

Неякісне світлове середовище є потенційною небезпекою, яка може реалізуватися в будь-який час. Це зумовлено унікальністю зору: здібністю ока людини пристосовуватись до великого діапазону зміни освітленості, яскравості.

Людина відчуває небезпеку своїм самопочуттям: зоровий дискомфорт, зниження працездатності, головний біль, що поступово призводить до професійних захворювань ока. Збільшення кількості помилок стає вагомою причиною травмування на виробництві [61].

Існуючі методи проектування світлового середовища робочого місця є недосконалим, оскільки тільки частково враховують вплив якісних і кількісних показників сучасних систем освітлення на безпеку праці. Одним із засобів

подолання цього протиріччя є впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки виробничого середовища [59, 60] на основі ризик-орієнтованого підходу.

Перехід до ризик-орієнтованого підходу у підвищенні безпеки пов'язаний з тим, що на зміну концепції абсолютної безпеки – ALAPA («As Low As Practicable Achievable») прийшла концепція «прийняттого ризику». У світовій практиці прийнято користуватися принципом ALARA - «As Low s Reasonably Achievable»: «Будь-який ризик повинен бути знижений настільки, наскільки це є практично досяжним або ж до рівня, який є настільки низьким, наскільки це розумно досяжне».

Цей принцип ALARP визначає мінімальний прийнятний рівень ризику. Всесвітньою організацією праці запропоновано більш розгорнуті програми оцінки ризику: HAZOP, PNA, LOPA, FMEA, Mac Tool, RAPP, Cost benefit analysis, Management of change MOC. На теперішній час в Україні науковці тільки розробляють підходи щодо впровадження цього принципу в профілактиці нещасних випадків та професійних захворювань, що є основною задачею створення та прийняття відповідних нормативних документів до цього підходу.

Впровадження ризик-орієнтованого підходу до оцінки ризику впливу характеристик освітлення на працеспроможність оператора дозволить підвищити безпеку праці, знизити помилкові дії при управлінні та контролі за технологічним процесом, що опосередковано попереджує аварії на виробництві.

Загальне оцінювання ризику за фактором світлового середовища спирається на статистичні дані профзахворювань ока, наукові дослідження в галузі офтальмології, зорової фізіології, їх етіології [28, 34, 62]. При цьому, враховуючи вплив світлового середовища на умови праці, необхідно:

- встановити пріоритети та загальні рішення світлового середовища в робочих приміщеннях;

- дослідити вплив різних систем світлового середовища на працеспроможність працівників та їх функціональний стан;

- розробити комплексну оцінку впливу напруженості праці на психофізіологічний стан операторів в залежності від параметрів світлового середовища.

В цьому сенсі виникла необхідність систематизації та впровадження ризик-орієнтованого підходу до аналізу умов праці та виявлення шкідливого впливу неякісного світлового середовища на працеспроможність працівників, задіяних в управлінні технологічних процесів сучасних виробництв.

Висновки до розділу 1

1. На основі аналізу травматизму та профзахворювань в Україні виявлено, що останні роки серед причин нещасних випадків переважають організаційні (60-70%, в деяких областях більше 80%), психофізіологічні (24,3-32,4%), технічні (3,45%). Визначено, що невідповідність світлового середовища функціональному стану працівника має значний вплив на гігієну праці і безпеку виконання робіт. За даними ВООЗ, у світі 150 млн. хворих зі значним зниженням зорових функцій, що свідчить про недосконалість світлового середовища на робочих місцях.

2. Встановлено, що в Україні останніми роками розширилась група соціально значущих захворювань ока, серед таких захворювань превалюють саме атрофія зорового нерву, що пов'язано з високою напругою зорового аналізатору за рахунок напруженості праці з використанням машин, устаткування приладів контролю та невідповідності світлового середовища.

3. В напрямку забезпечення безпечних та здорових умов праці, підтримання працездатності та функціональних можливостей, профілактики небезпечних випадків та професійних захворювань необхідно при оцінюванні ризику враховувати вплив світлового середовища та розташування ВДТ при виконанні різних видів робіт.

4. На основі проведеного аналізу встановлено, що при проведенні модернізації виробництв в проектних рішеннях увага приділяється зниженню негативних впливів виробничих факторів (шум, вібрація, інфразвук, ультразвук, випромінювання). Натомість, світлове середовище стає одним з основних

факторів забезпечення високої працеспроможності та підвищення безпеки праці. В той же час на постійних робочих місцях не проводиться комплексна оцінка світлового середовища з урахуванням удосконалення світлових систем за світловим критерієм.

5. Визначено, що фактор світлового середовища є вагомим для цілої низки працівників, діяльність яких пов'язана з отриманням, переробкою інформації та прийняттям рішень на виробництві, не відповідають умовам праці за фактором світлового середовища та призводять до швидкої стомлюваності, зниження продуктивності праці, є причиною травмування, професійних захворювань.

6. Для забезпечення оптимальних умов праці за фактором світлового середовища необхідно провести систематизацію по визначенню методологічних підходів при дослідженні напруженості трудового процесу з урахуванням впровадження сучасних систем освітлення.

7. На основі аналізу досліджень в області гігієни і психології праці, встановлено, що зміни показників безпеки та працеспроможності і функціонального стану людини залежать від джерела світла, рівня освітленості та колірної температури. Зниження стомлюваності, кількості травмованих досягається підвищенням рівня природного світла та додаванням штучного освітлення сучасними системами з колірною температурою наближеною до сонячного світла.

Список використаних джерел у розділі 1

У розділі 1 використані [1...62] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

УМОВ ПРАЦІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1 Обґрунтування напряму досліджень з урахуванням направленості виконання робіт у сучасному виробництві

Робочі місця працівників у сучасному автоматизованому виробництві захищені від значної частини небезпечних та шкідливих чинників, оскільки робота виконується в окремих приміщеннях. Але, за визначеним аналізом умов праці, світлове середовище є головуючим чинником, від якого залежить продуктивність праці, здоров'я та безпека працівника [63]. Водночас останні дослідження офтальмологів та гігієністів свідчать про тенденцію росту захворювань очей, як результат впливу штучного освітлення компактними люмінесцентними і світлодіодними лампами [64]. На підставі аналізу статистичних даних захворюваності працездатного населення України (2008–2017 рр.) хвороби ока та його додаткового апарату залишаються на високому рівні [65–67]. Кількісні показники представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Динаміка показників та структури поширеності хвороби ока та його додаткового апарату серед працездатного населення України у 2008, 2013, 2016, 2017 рр. (на 100 тис.)

Рік	2008	2013	2016	2017	Приріст 2008-2017, %
Хворих осіб	3488,4	6996,0	6435,5	8061,6	+131,1

Аналіз статистики засвідчує високий рівень захворюваності ока серед працездатного населення, який має тенденцію невідповідного зростання. Це

підтверджує, що існуюче світлове середовище на робочих місцях підприємств України не забезпечує нормальний функціональний стан працівника, призводить до перенапруження зорового аналізатора і, як наслідок, до можливої втрати зору.

За останні 10 років визначено, що майже 80 % випадків втрати зорової працеспроможності, а загалом і здоров'я, мають психологічні (неврологічні) причини [62]. Кількість людей працездатного віку із захворюванням ока та придаткового апарату складає більше 8 %. Розподіл поширеності хвороби свідчить, що найвищий рівень спостерігається у Дніпропетровській області, (рис. 2.1), в цьому сенсі підтверджується небезпечний вплив світлового середовища на робочих місцях.

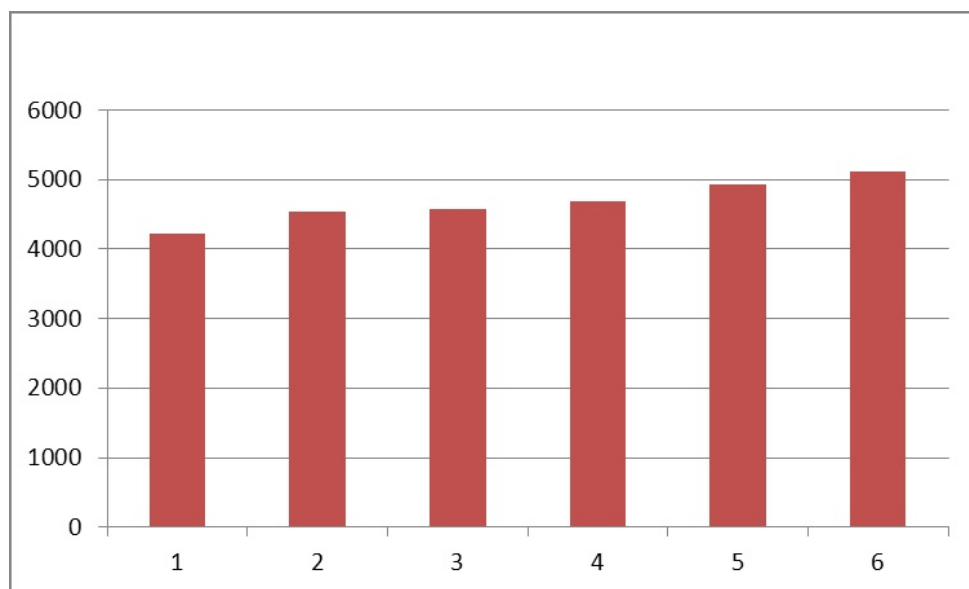


Рис. 2.1 Розподіл регіонів України за рівнем первинної захворюваності населення на хвороби ока та придаткового апарату за останні роки (на 100 тис. населення)

1 - Харківська обл., 2 – м. Київ, 3 – Івано-Франківська обл., 4 – Львівська обл., 5 – Рівненська обл., 6 – Дніпропетровська обл.

Тому, при розробці методики підвищення безпеки праці працівників на першому етапі були досліджені чинники виробничого середовища і трудового процесу на підприємствах будівельної промисловості. Згідно поставлених

завдань, нами були проведені дослідження щодо виявлення споріднених умов праці на робочих місцях працівників, які за характером роботи задіяні в управлінні технологічним процесом та устаткуванням, та дослідити працеспроможність даної категорії працівників зі зміною кількісних та якісних показників світлового середовища та трудового процесу.

Споріднені умови праці визначались на основі дослідження змісту роботи працівників.

2.2 Дослідження визначення споріднених професій працівників у будівельній галузі за класифікатором [13].

При проведенні досліджень умов праці на підприємствах Дніпровського регіону, згідно з [12, 13], нами були визначені споріднені умови праці наступних робітників: керівників, менеджерів, професіоналів, фахівців, технічних службовців, робітників з обслуговування, експлуатації та контролю за роботою технологічного процесу устаткування. Вагомі чинники умов праці споріднених професій працівників на постійних робочих місцях, представлені в (таб. 2.2).

Таблиця 2.2

**Аналіз умов праці споріднених професій працівників
будівельної галузі за класифікатором [13]**

№ п / п	Професії працівників будівельної галузі за класифікатором	Зміст роботи	Вагомі чинники умов праці:	
			Фактори виробничого середовища	Трудовий процес за показниками та класи
1	2	3	4	5
1	Керівники, менеджери, управителі (розділ 1) (12, 121, 1210, 1210.1, 122, 1222.1, 1222.2, 1223, 1223.1, 1229, 123, 1235, 1237, 1238, 13, 1312, 14, 144)	Керівництво підприємствами, установами, організаціями, підрозділами	Світлове середовище в приміщенні, мікроклімат,	Інтелектуальне навантаження: за змістом роботи клас до 3.2. Емоційне - клас до 3.1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
2	Професіонали (розділ 2) (21, 213, 2131.2, 2132.2, 214, 2149.2, 2141.2, 2142, 2142.1, 2142.2, 2143.1, 23, 231, 2310, 2310.1, 232, 2351, 2352, 2359.1, 2359.2, 2411, 2419.1, 2419.2, 2432.2, 2441)	Застосування певних концепцій методів розв'язання проблем, завдань, систематизоване виконання відповідних до галузі дисциплін	Світлове середовище в приміщенні, мікроклімат	Інтелектуальне навантаження: за змістом роботи клас до 3.2 Емоційне навантаження: ступінь відповідальності клас до 3.1
3	Фахівці (розділ 3) (34, 3439, 31, 3111, 3112, 3121, 313, 3123, 3139, 315, 3151, 3152, 33, 3436, 3436.1, 3436.2, 3436.3)	Підготовка, зберігання, відновлення інформації, проведення обчислень, виконання спеціальних робіт, пов'язаних із застосуванням положень та використання методів відповідних наук	Світлове середовище в приміщенні, мікроклімат	Інтелектуальне навантаження: за змістом роботи клас до 2 Сенсорні навантаження клас до 3.1 Емоційне навантаження: ступінь відповідальності клас до 3.1
4	Технічні службовці (розділ 4) (41, 411, 4113, 4115, 412, 4122, 4121, 4131, 4132, 414, 4141, 419)	Записи та опрацювання цифрових даних, реєстрація та передавання даних	Світлове середовище в приміщенні, мікроклімат	Сенсорні клас до 3.2 Емоційне - клас до 3.1
5	Кваліфіковані робітники з інструментом (розділ 7) (72, 724, 7243, 712, 7122, 7123, 7124, 7129, 713, 7136, 7137, 7141, 7142, 721)	Вироблення продукції, будівництво	Часткова група фізичних та хімічних чинників (в залежності від специфіки виробництва)	Важкість праці клас до 3.2 Сенсорні навантаження: клас до 3.2

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
6	Робітники з обслуговування, експлуатації та контролювання за роботою технологічного устаткування, складання устаткування та машин (розділ 8) (8139, 814, 8151, 82, 821, 8212, 828)	Ведення робочого процесу виробництва продукції на устаткуванні чи машинах складання деталей, вузлів	Часткова група фізичних та хімічних чинників (в залежності від специфіки виробництва) середовище в приміщенні клас 2-3.2	Монотонність навантажень клас до 3.1 Важкість праці клас до 3.2 Режим праці клас до 3.2

Проведений нами аналіз змісту діяльності та умов праці працівників сучасних підприємств України дозволяє стверджувати наступне:

- зміст роботи цілої категорії працівників згідно класифікатору професій в Україні має спільні характерні ознаки діяльності, що потребує: сприйняття інформації зоровим аналізатором на відеодисплейних терміналах (ВДТ), та персональних комп'ютерах (ПК), переробка інформації, прийняття рішення та відтворення обробленої інформації. Згідно [12], умови праці даної категорії працівників формуються за наступними виробничими факторами: *фізичні* - мікроклімат, неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання, освітлення; *фактори трудового середовища*: напруженість (інтелектуальне, сенсорне, емоційне навантаження). Як показує аналіз для даної категорії дуже важливим фактором є освітлення.

- в той же час для 87 % досліджених робочих місць параметри світлового середовища не відповідають нормам. Тому виникла необхідність провести аналіз умов праці для даної категорії працівників на постійних робочих місцях в приміщеннях, яку ми умовно назвали «оператори» та дослідити вплив показників світлового середовища згідно вимог [14, 53] на напруженість трудового процесу.

2.2.1 Дослідження функціонального стану операторів

Відомі зорові й опосередковані впливи освітлення на роботу і поведінку людини спонукали дослідити залежність працеспроможності операторів від рівнів та якості світлового середовища. Для перевірки репрезентативності залежності **«освітлення – напруженість праці – працеспроможність – безпека праці»** нами було проведено дослідження впливу параметрів світлового середовища (рівні, джерело, кольорова температура) на напруженість праці та на напруженість функціонального стану працівника на діючих робочих місцях підприємств: ТОВ «АВ метал груп», ТОВ «Павлогрардінвестбуд» та Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет».

Для визначення напруженості праці операторів досліджувались працівники вищезазначених підприємств, робочі місця яких розташовані в окремих приміщеннях. При проведенні досліджень нами були прийняті граничні умови:

- вік працівників – від 20 до 60 років;
- зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно інструкції, сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка;
- умови праці – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності, тривалість зосередження уваги більше 75% робочого часу.

Тестування напруженості проводилося за відомою методикою діагностики оперативної самооцінки САН [68] (С – самопочуття, А – активність, Н – настрої) із встановленням параметрів світлового середовища в приміщеннях (рівнів освітленості, колірної температури під час роботи), що дало змогу визначити психоемоційну реакцію на навантаження. Працівники оцінювали ступінь задоволеності (САН) за 7-ма бальною шкалою і 3-ма критеріями: самопочуття, активність, настрої. Тестування проводилося анонімно (фіксувався вік та зміст роботи). Рівень освітленості та колірна температура під час тестування вимірювалися приладом Chroma Lightmeter ST520. Параметри природного освітлення, враховуючи його мінливий стан, фіксувалися безпосередньо на

робочій поверхні тричі у продовж тестування. Під час обробки тестів, рівень освітленості приймався як середньоарифметичне значення трьох вимірювань. При рівнях природного освітлення нижче 500 лк колірна температура не фіксувалась приладом, а в діапазоні 500–800 лк корегувалась за відомою залежністю для зовнішнього освітлення, рисунок 2.2 [69].

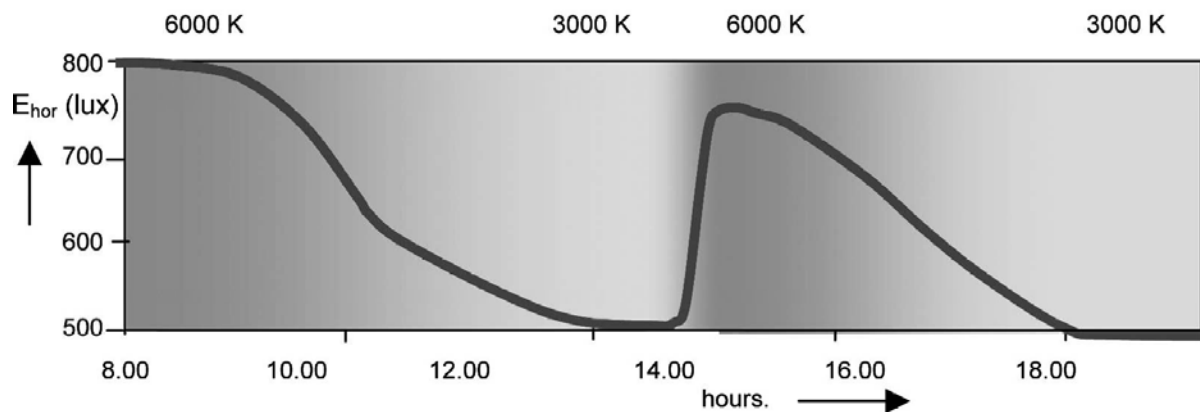


Рис. 2.2 Залежність колірної температури від зовнішнього природного освітлення за часом доби

Перевагами тесту є його стислість і можливість кількаразового використання впродовж певного часу. Серед опитувань відібрані валідні, найбільш репрезентативні (100 тестів). Отримані результати тестування дозволяють класифікувати напруженість працівника в даний момент часу за наступними рівнями самооцінки його функціонального стану: низький, достатній, оптимальний, високий. Під час опитування фіксувався рівень освітленості робочого місця та колірна температура штучного джерела освітлення ЛЛ, СД. Залежність показників у вигляді діаграм розсіювання відображено на рисунках 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.8, а результати представлено в додатку Б.

Аналіз результатів самооцінки функціонального стану оператора на робочому місці при природному освітленні в рівнях від 80 до 450 лк (рис. 2.3) при нормованих рівнях освітленості 300 лк [14], 500 лк [53], свідчить, що самопочуття більшості опитуваних знаходиться в межах від мінімально допустимого до

оптимального рівнів, тобто оператори відчують себе комфортно на робочому місці.

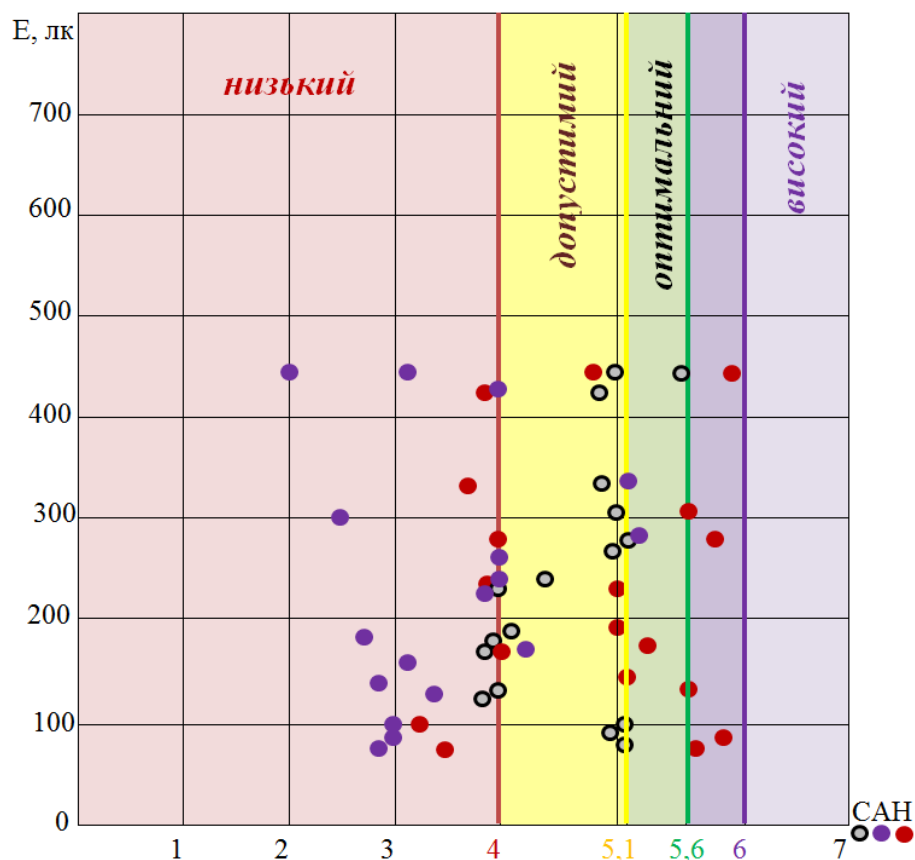


Рис. 2.3 Самооцінка функціонального стану оператора на робочому місці при природному освітленні

Це дозволило зробити висновок, що при рівнях освітленості більше 300 лк фіксується високий рівень (4,8–5,6) функціонального стану. Така самооцінка зумовлена фізіологією зорового сприйняття, оскільки людське око найбільш пристосоване до природного світла (контраст яскравості, колірна відмінність, якість зображення на сітківці, освітленість на сітківці). Водночас, рівень активності та настрою працівники оцінюють як низький – допустимий на всьому діапазоні. Це, вірогідно, пов'язано із зниженням циркадної ефективності освітлення.

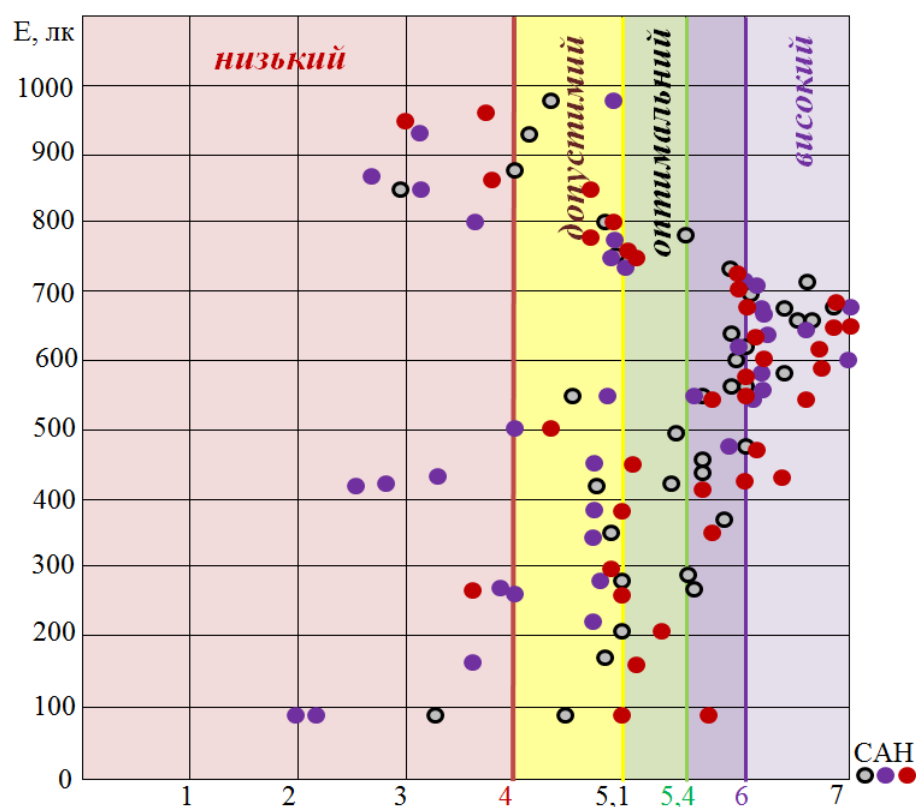


Рис. 2.4 Самооцінка функціонального стану оператора на робочому місці при суміщеному освітленні ЛЛ

Найбільше розсіювання результатів самооцінки функціонального стану спостерігається при суміщеному освітленні ЛЛ (рис. 2.4). Низький рівень активності, як і при природному освітленні, виявлений в діапазоні – від 80 лк до 450 лк, а також від 800 лк. Найбільш висока активність спостерігається в діапазоні від 500 лк до 800 лк, що підтверджує опосередкований вплив світла на фізіологічний стан людини (зниження мелатоніну високими рівнями освітленості). Самопочуття від низького до допустимого зафіксовано при освітленості до 100 лк та вище 850 лк.

Це дозволило зробити висновок, що оптимальний та високий рівень самопочуття, як і настрою, виражений скупченістю даних від 450 лк до 750 лк, і теж підтверджує ефективність циркадної системи: спостерігається підвищення зорової та загальної працеспроможності.

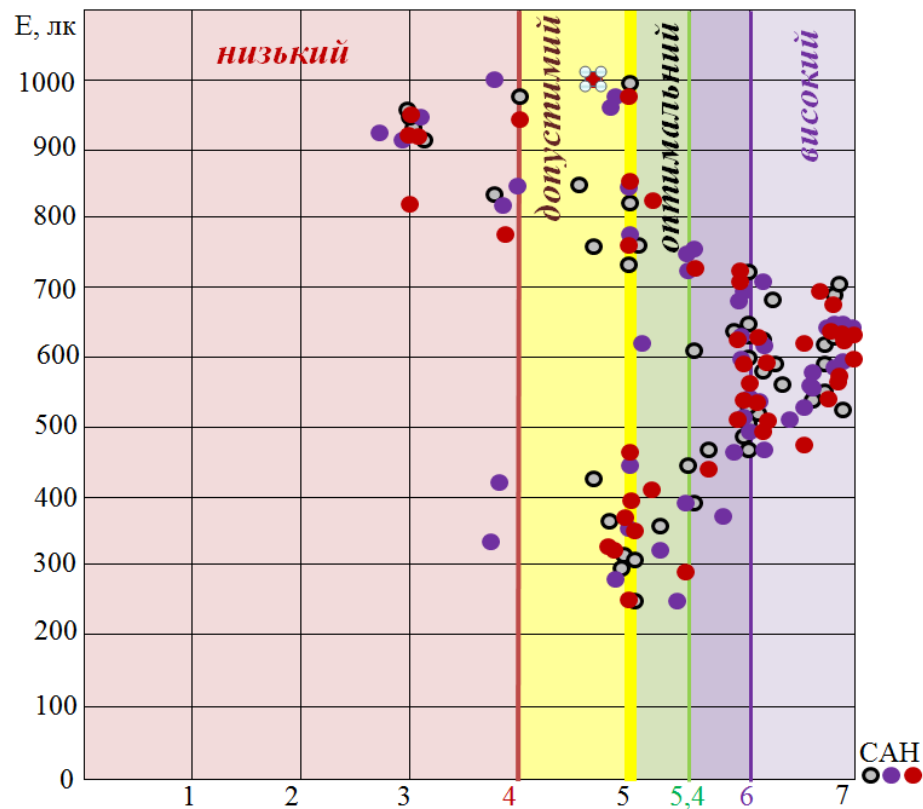


Рис. 2.5 Самооцінка функціонального стану оператора на робочому місці при суміщеному освітленні СД

При суміщеному освітленні СД спостерігається збіжність результатів тестування самопочуття, активності та настрою (рис. 2.5). Низький рівень активності, настрою та самопочуття виявлений в діапазоні високих рівнів освітленості від 800 лк, тоді як від допустимого до оптимального знаходиться в межах 250–500 лк і 700–800 лк.

Це дозволило зробити висновок, що в рівнях освітленості від 500 лк до 700 лк спостерігається зона скупченості високого рівня функціонального стану працівника.

Чинними нормами [14] при проектуванні систем освітлення пропонується використання номограми Крюйтгофа, де показана залежність рівня освітленості від колірної температури та визначено «зону комфорту» світлового середовища (рис. 2.6). В проведених нами дослідженнях використано цю залежність для

встановлення відповідності високому функціональному стану оператора під час роботи, тобто зоні комфорту.

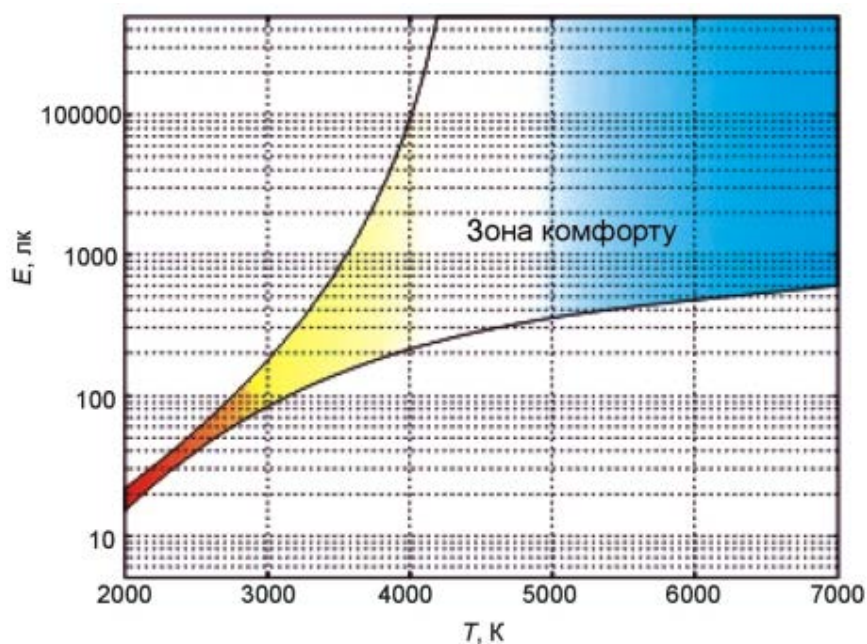


Рис. 2.6 Номограма Крюїтгофа [14]

Результати досліджень функціонального стану працівників в залежності від колірної температури також представлені у вигляді діаграм розсіювання. При проведенні тестування при суміщеному освітленні ЛЛ колірна температура змінювалась в діапазоні від 4500 К до 6100 К (рис. 2.7). Найбільша кількість даних про високий рівень функціонального стану операторів спостерігається при колірній температурі 5400–6000 К, що відповідає «зоні комфорту» [14]. Це підтверджується як високою працеспроможністю оператора, так і самооцінкою функціонального стану працівника, за винятком індивідуальних особливостей, зумовлених психологічною складовою праці.

При суміщеному освітленні СД (рис. 2.8) тестування проводилося в діапазоні колірної температури від 4500 К до 6500 К, що також відповідає «зоні комфорту» за номограмою Крюїтгофа [14]. Як і при суміщеному освітленні ЛЛ, переважна кількість даних високого рівня функціонального стану працівника зафіксована при освітленостях від 500 лк з колірною температурою 5500 ± 250 К.

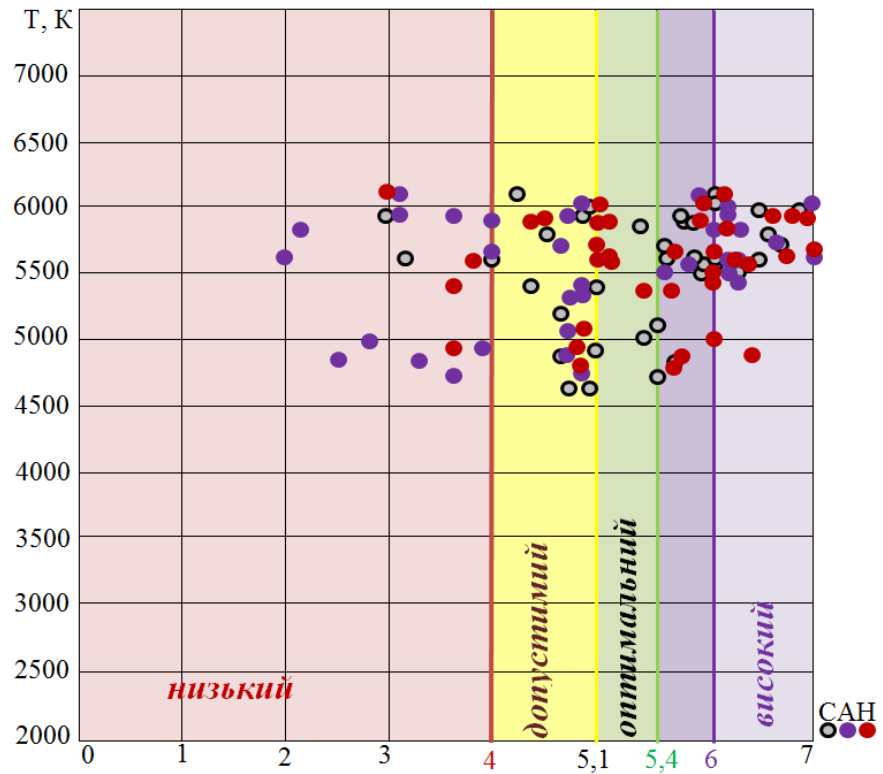


Рис. 2.7 Самооцінка функціонального стану оператора на робочому місці при суміщеному освітленні ЛЛ в залежності від колірної температури

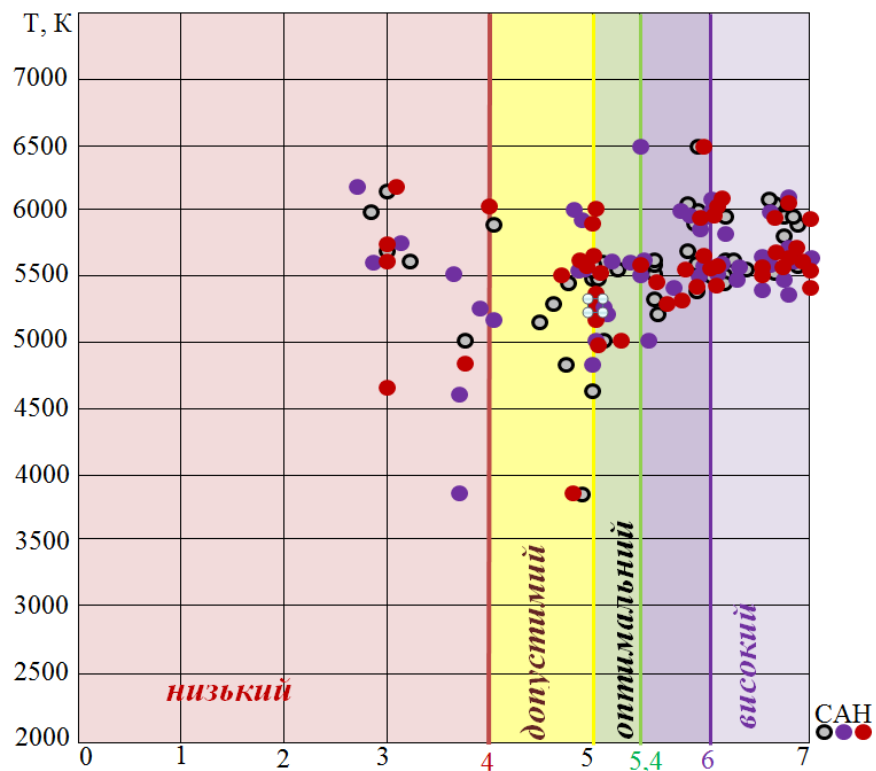


Рис. 2.8 Самооцінка функціонального стану оператора на робочому місці при суміщеному освітленні СД в залежності від колірної температури

Це дозволило зробити висновок, що при СД освітленні близько 1000 лк показник САН знаходиться на низькому та достатньому рівні, на відміну від освітлення в межах 500–700 лк, де цей показник є оптимальним і високим. На постійних робочих місцях операторів, згідно проведеного нами дослідження самооцінки функціонального стану, рівень освітленості має бути близько 700 лк, з мінімумом 500 лк, що відповідає вимогам [53] для робіт в приміщеннях, зазначених в табл. 1.3.

Для підтвердження достовірності отриманих даних оптимального та високого функціонального стану працівників в діапазоні параметрів світлового середовища, створення безпечних умов праці і розробки методики комплексної оцінки умов праці за фактором світлового середовища, необхідно було провести дослідження напруженості праці із визначенням їх показників в експериментальному приміщенні у діапазоні рівнів освітленості та колірної температури джерел світла, які забезпечують робоче освітлення на постійних робочих місцях.

2.2.2 Фактори впливу освітлення на умови праці

Створення сприятливих, а значить, і безпечних умов праці, досягається якісним світловим середовищем, що підтверджується дослідженнями в галузі гігієни праці [70].

Базуючись на загальній концепції дослідження освітлення в приміщеннях [71], яка встановлює три напрямки можливого впливу умов освітлення на зорову працеспроможність, нами визначено факторний простір для дослідження показників загальної працеспроможності на постійному робочому місці, враховуючи вагомі впливи, які наведені в зазначеній концепції.

В нашій роботі визначено 3 вагомі фактори впливу: час доби, індивідуальні особливості працівника (вік, функціональний стан), напруженість праці (зміст роботи, освітлення робочого місця), які представлені у схемі на рис. 2.9.

I фактор: час доби. Вплив часу доби приймаємо, базуючись на відомих дослідженнях [15, 28, 34, 63]. Фізіологами враховуються ефекти циркадної системи, що ґрунтуються на ритмах життєдіяльності людини (залежність активності від спектру сонячного випромінювання та освітленості на сітківці ока). Активна діяльність людини припадає на денні години доби від 8 до 18, що для більшості становить робочий час, дослідження проводились в цей період.

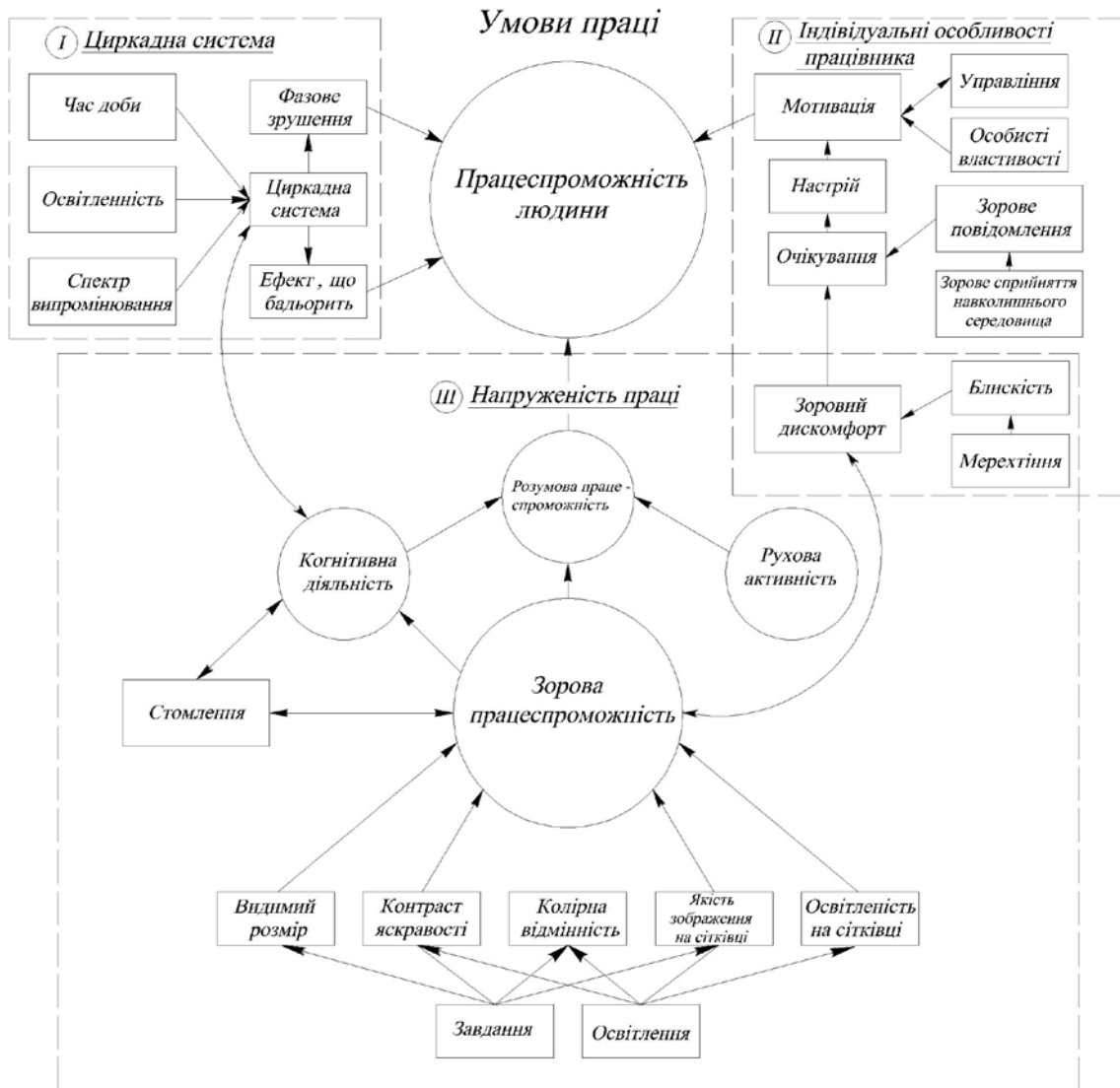


Рис. 2.9 Схема-алгоритм факторів впливу режиму освітлення на загальну працеспроможність оператора

II фактор: індивідуальні особливості працівника. При дослідженні нами функціонального стану за САН в діапазоні параметрів світлового середовища, цей

фактор враховуються психофізіологами як настрій, очікування результатів дії, мотивація. Проведені нами дослідження психоемоційної реакції на навантаження при різних рівнях освітленості та джерелах світла підтверджують вагомий вплив світлового середовища на напруженість праці. Найкращі результати самооцінки функціонального стану працівника при суміщеному освітленні отримані в межах 500–700 лк.

III фактор: напруженість праці. Враховуються зорово-розумова працеспроможність, стомлення, рухова активність, когнітивна діяльність і зоровий дискомфорт. Вплив режиму освітлення на працеспроможність в умовах дефіциту часу, з урахуванням напруженості трудового процесу, потребує подальших досліджень.

Алгоритм досліджень умов праці на основі [12] розроблено нами за критеріями, які нормуються та визначають клас шкідливості або небезпеки праці. Алгоритм комплексної оцінки досліджень умов праці з урахуванням параметрів світлового середовища представлено на рис. 2.10. Оцінка умов праці за показниками напруженості пов'язана з режимом, змістом та характером роботи. Згідно [12] кожний показник визначається окремо. Проведені нами дослідження функціонального стану працівників в різних системах освітлення довели, що ці показники потрібно враховувати комплексно, в залежності від сприйняття інформації та оточуючого середовища, а також значущості помилки. Для сучасного робочого місця оператора чинник освітлення стає одним з основних факторів, що впливає на безпеку та ефективність праці [12]. Згідно [53], основними параметрами, що визначають якість світлового середовища, є: світлотехнічні показники (розподіл яскравості; рівень освітленості; спрямованість світла, освітлення у внутрішньому просторі; мінливість світла (рівні та колір світла); кольоропередача та колірність світла; блискавість; пульсація), психофізіологічні аспекти (зоровий комфорт і добре самопочуття; вимоги до зорових завдань; зорова ергономіка; практичний досвід;), економність джерел освітлення та внесок у функціональну безпеку.

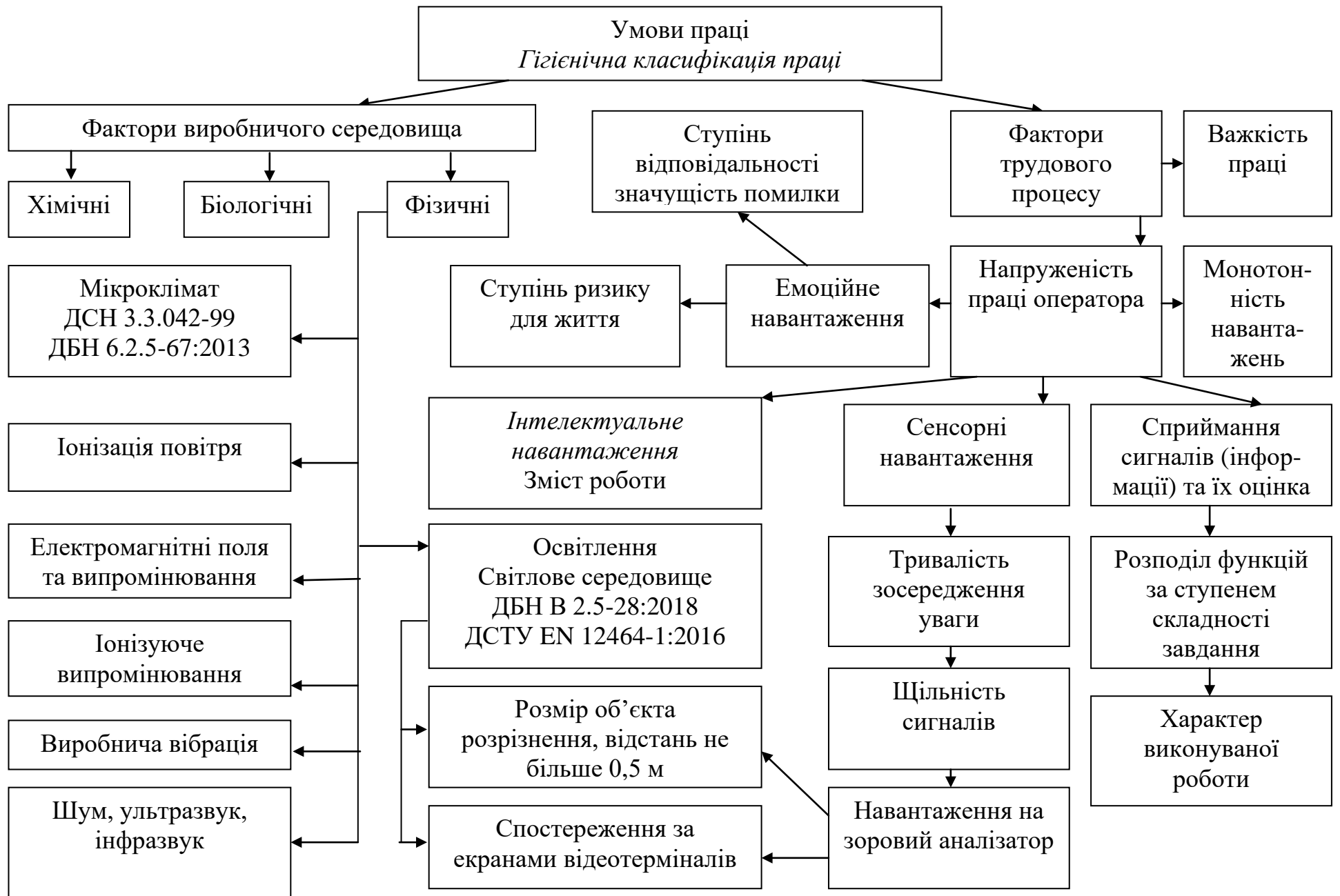


Рис. 2.10 Алгоритм комплексної оцінки умов праці з урахуванням параметрів світлового середовища

При плануванні досліджень ми дотримувались вимог, згідно [14, 53]. Робоче місце необхідно розміщувати таким чином, щоб уникнути потрапляння прямого світла в очі. Штучне освітлення приміщення має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення з урахуванням природного. У приміщеннях із суміщеним освітленням допускається використання системи комбінованого освітлення додатково до загального.

Згідно проведеного нами аналізу світлового середовища на робочих місцях операторів, в якості джерел штучного освітлення використовуються переважно люмінесцентні лампи (ЛЛ). Система загального освітлення зазвичай має вигляд суцільних або переривчастих ліній світильників паралельно лінії зору працівників.

Рівень освітленості на робочій поверхні в зоні розташування контрольних приладів, пультів управління та документів має відповідати вимогам [14, 53], наведеним в табл. 1.3. Світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні монітора, а освітленість - не перевищувати 300 лк.

2.2.3 Дослідження показників напруженості трудового процесу

В сучасних умовах виробництва оцінка якості освітлення робочого місця потребує врахування фотобіологічного впливу світла на людину [72]. Під час трудового процесу має місце планомірне, цілеспрямоване, організоване і усвідомлене сприйняття предметів і явищ [9]. Ефективність спостереження визначається чіткою постановкою завдання і залежить від попередньої підготовки та досвіду працівника щодо сприйняття потрібної інформації в конкретних світлових умовах.

Згідно проведеного аналізу відомих методів психодіагностики функціонального стану працівника були визначені найпоширеніші методики досліджень зорової та загальної працеспроможності, психічної діяльності з урахуванням характеру та змісту роботи операторів [73]. У табл. 2.3 наведено

відомі методики дослідження якості сприймання інформації в залежності від чинників трудового процесу [74] для визначення показників працеспроможності за алгоритмом дослідження умов праці рис. 2.10.

Дослідження якості сприймання сигналів (інформації) при різних рівнях освітленості робочої зони можна проводити за допомогою методик визначення сприйняття, якими є обстеження сенсорної збудливості з використанням проб Ашаффенбурга, Рейхардта та Ліпмана.

Таблиця 2.3

Чинники трудового процесу у відповідності до психічної складової діяльності працівників

Характер роботи	Сфера психологічної діяльності	Методики досліджень психічної діяльності, та працеспроможності
Сприймання сигналів (інформації)	Сприйняття	Сенсорна збудженість Проби Ашаффенбурга, Рейхардта, Ліпмана, тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона
Контроль за технологічним процесом	Увага, зосередженість	Таблиці Шульте Коректурна проба Рахунок за Крепеліном, кільця Ландольта, Konzentration-Leistung-Test (KLT), Matching Familiar Figures Test, Continious Performance Test, тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона
Управління за алгоритмом Дії при нестандартній ситуації, аварії. Прийняття рішень	Мислення	Тести на класифікацію, виключення понять, силогізми, аналогії, узагальнення тлумачення прислів'їв Асоціативний експеримент Піктограма, тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона

Для визначення концентрації уваги використовують різного роду коректурні таблиці (цифрові, літерні, з кільцями Ландольта, з найпростішими

геометричними фігурами), в яких необхідно протягом 5–10 хв. відшукувати і викреслювати задані знаки. В результаті отримуємо ряд кількісних даних: кількість переглянутих знаків, кількість пропущених знаків, кількість неправильно закреслених знаків. Ці дані, характеризують продуктивність і точність роботи, що дає змогу визначити зорову працеспроможність в залежності від мінімального розміру об'єкта та контрасту фону.

При діагностиці концентрації, вибіркості і стійкості уваги за змістом діяльності оператора необхідно використовувати тест Бурдона. У цьому тесті пропонується бланк з набором надрукованих в ряд букв або інших знаків. Потрібно за певний відрізок часу переглянути в кожному рядку всі знаки, закреслюючи запропонованим способом [75]. Скорочуючи відрізок часу, зручно штучно створити таку характеристику напруженості праці, як дефіцит часу.

Найбільш відомими модифікаціями коректурної проби є:

- кільця Ландольта (випадковий набір кілець з розривами, спрямованими в різні сторони);

- тест Тулуз-П'єрона (випадковий набір прямокутників з різними варіантами заштрихованого боку або кута). Перевага цього тесту, що він відображає операторську діяльність з ПК чи ВДТ і виводиться на монітор комп'ютера.

Методика рахунку за Е. Крепеліном, таблиці Шульте та коректурна проба Бурдона адекватно оцінюють як увагу і зосередженість так і їхню зміну при різних джерелах освітлення.

Найбільш складним є дослідження мислення. Воно вивчає зорову пам'ять та здатність об'єкта здійснити цілеспрямований аналіз елементів задля вирішення спеціальних пізнавальних завдань.

Світлове середовище опосередковано впливає не тільки на зорову працеспроможність, але й на емоційне стомлення робітника. Вегетативні зсуви спостерігаються, коли людина знаходиться у стані стресу. Такий стан проявляється при надмірних вимогах до роботи від керівництва при додатковій персональній відповідальності, наприклад, залучення працівника до вирішення

завдань, які не є властивими для його функціональних обов'язків та у відсутності в нього відповідних повноважень [76].

Ще один шлях можливого впливу освітлення на працеспроможність людини пов'язаний із зоровим сприйняттям навколишнього середовища загалом. Зоровий дискомфорт призводить до передчасної втоми, зниження рухливої активності, коливань настрою. Тести Бурдона та тести Тулуз-П'єрона були раніш використані для досліджень зорової працеспроможності щодо визначення нормативних значень рівнів освітленості.

На основі аналізу методик психічної діяльності працівника за змістом та характером діяльності, де враховані всі складові роботи оператора, відібрані дві загальновідомі методики: тести Бурдона та тести Тулуз-П'єрона. Вони відображають показники напруженості трудового процесу, а їхні характеристики визначають – клас умов праці (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Дослідження показників напруженості трудового процесу за методиками працеспроможності

№	Показники напруженості трудового процесу	Характер робіт за сферою психологічної діяльності	Методики дослідження працеспроможності
1	2	3	4
1	Інтелектуальні навантаження: зміст роботи, сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка, розподіл за ступенем складності завдання, характер виконуваної роботи	Прийняття рішень, сприймання сигналів (інформації)	Тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона
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	Контроль за технологічним процесом	Тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона

1	2	3	4
3	Емоційне навантаження: ступінь відповідальності, значущість помилки, ступінь ризику для життя	Прийняття рішень	Тести Бурдона, тести Тулуз-П'єрона
4	Монотонність навантажень	Управління за алгоритмом	Ті самі

Таким чином, проведення досліджень з комплексної оцінки умов праці з урахуванням параметрів світлового середовища базується на тестуванні показників працеспроможності в різних системах освітлення за двома обраними методиками психічної діяльності, оскільки вони є найбільш інформативними для визначення характеристик працеспроможності оператора (увага, зосередженість, мислення).

Підставою використання цих методик є дослідження [9, 62], які підтверджують дію фотобіологічного незорового впливу світла на здоров'я працівників, чий зміст діяльності за сприйманням і перетворенням інформації вимагає постійного перебування на робочому місці.

2.3 Обґрунтування вибору джерела освітлення робочого місця в експериментальному приміщенні, освітлювальні прилади для проведення досліджень світлового середовища

Фактор світлового середовища умов праці визначається параметрами випромінювання джерел природного і штучного світла, які змінюються в результаті розподілу їх в приміщенні. Світло потрапляє на робочу поверхню та сприймається всім організмом оператора, враховуючи його фотобіологічний ефект (незоровий біологічний та психологічний вплив).

Зміст та особливості операторської діяльності передбачають постійне перебування працівника на робочому місці, тому такі приміщення, повинні мати природне освітлення п. 6.1 [14]. На рис. 2.11 зображена залежність середньої природної освітленості в приміщенні від часу доби.

Е, лк

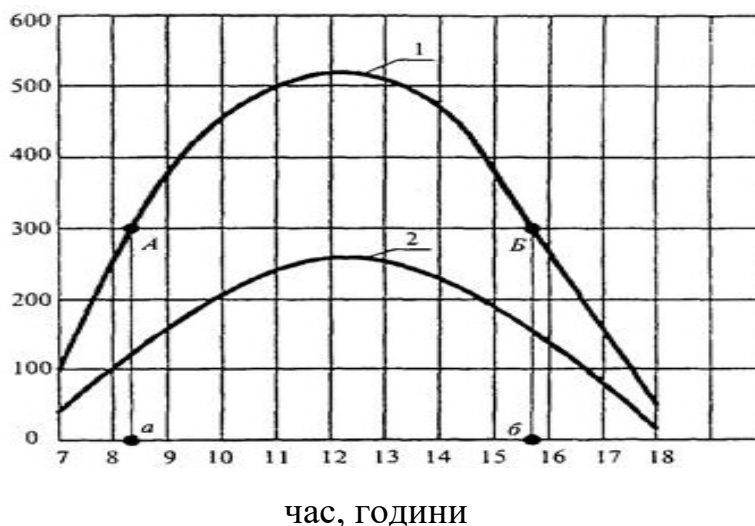


Рис. 2.11 Залежність середньої природної освітленості в приміщенні від часу доби

1 - $D=5\%$; 2 - $D=2\%$.

Для виробничих та допоміжних приміщень за умови нестачі природного освітлення для забезпечення працеспроможності та нормованих рівнів освітленості, згідно характеру виконуваних робіт використовують суміщене і штучне освітлення. Відповідно до чинних нормативних документів [14, 53], ці види освітлення повинні відповідати вимогам безпеки щодо ультрафіолетового та синього випромінювання, а також забезпечувати зорову і загальну працеспроможність оператора.

Джерела штучного світла поділяються на теплові, розрядні та світлодіодні. Теплові (лампи розжарювання) використовуються більше в побуті, завдяки простоті експлуатації та високому індексу $R_a \approx 100$. В метрології їх застосовують для порівняння інших джерел штучного освітлення. Впровадження розрядних ламп (ЛЛ) у виробничих приміщеннях дозволило створити гігієнічно обґрунтовані високі рівні освітленості, але вони містять ртуть (від 3 до 30 мг), що небезпечно для людини і оточуючого середовища. Утилізація потребує додаткових коштовних заходів.

На сьогодні в Україні для загального освітлення робочих місць поширені люмінесцентні лампи, оскільки мають високу світлову віддачу та термін служби [77]. При оцінці умов праці на діючих підприємствах визначено, що до 90 % робочих приміщень операторів використовують освітлювальні установки. В дослідженнях [32, 78], де проводився аналіз ступеню втоми спостерігачів в залежності від умов загального рівня освітленості в динаміці, встановлено, що у співвідношеннях природного і штучного освітлення розрядними лампами із збільшенням штучного, втома зростала. Дослідженнями також визначені кількісні показники зорової працеспроможності при природному та штучному освітленні, які представлено на рис. 2.12, з чого видно, що природне освітлення робочої поверхні більше сприяє якості та продуктивності праці, ніж штучне.

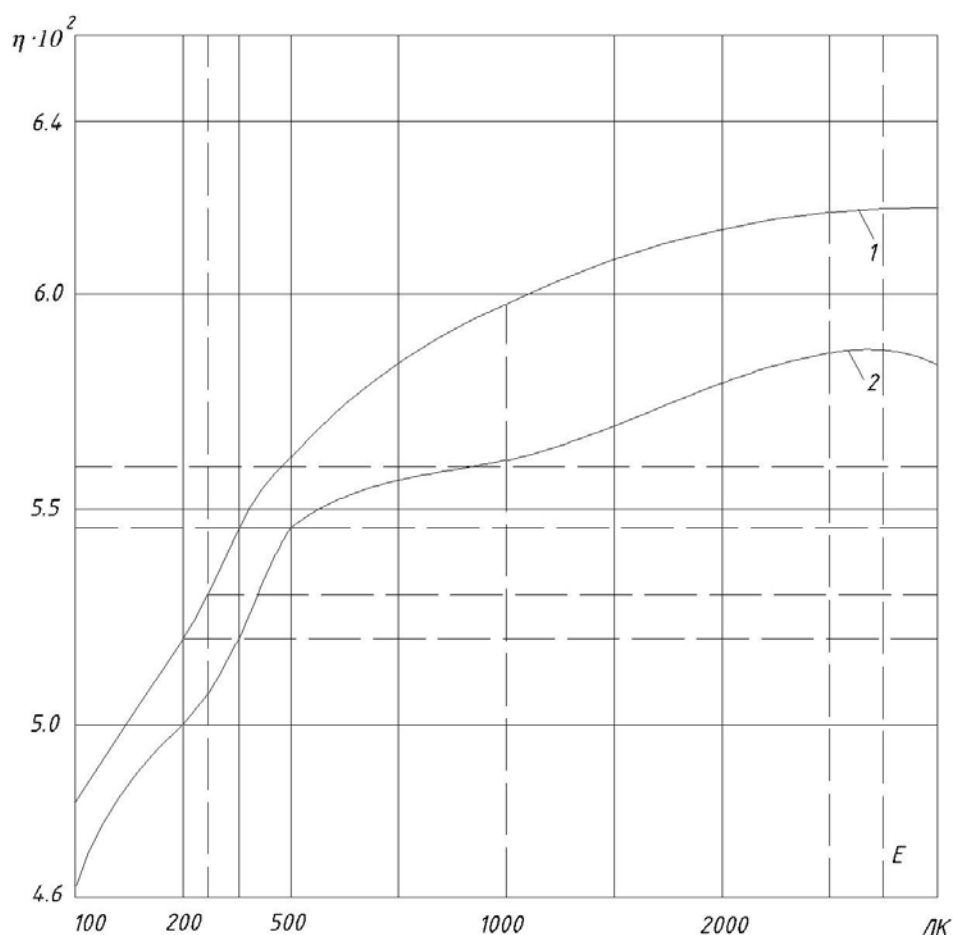


Рис. 2.12 Залежність зорової працеспроможності від освітлення:

1 – природне освітлення; 2 – штучне освітлення.

Зорова працеспроможність, при гігієнічно мінімальному рівні природного освітлення 250–300 лк відповідає рівню штучної освітленості 400–500 лк люмінесцентними лампами типу ЛБ. Порівняння Європейських та Національних норм освітленості робочих місць (табл. 1.3) надає напрям до збільшення нормативних рівнів освітленості на робочих місцях операторів в дослідженнях умов праці.

Цей висновок підтверджується і нашими дослідженнями функціонального стану операторів за їх самооцінкою. Тому створення безпечного світлового середовища неможливе без потрапляння природного світла на робочу поверхню. Але його використання обмежено світлокліматичними умовами регіону. Так, при визначенні КПО в експериментальному приміщенні глибиною 4,5 м шириною 3 м із вікном 2,2x1,5 м на характерному розрізі при відстані від світлового отвору (точка А-1 м); (точка Б-2 м); (точка В-3 м) відповідно, в листопаді рівень природного освітлення на пн. широті $48^{\circ}27'00''$ розподілився за часом в діапазоні, представленому у табл. 2.5. Це підтверджує необхідність забезпечення якісного штучного освітлення в приміщенні протягом робочого часу.

Таблиця 2.5

Приклад розподілу рівнів природної освітленості в експериментальному приміщенні від часу доби (листопад), м. Дніпро

Час доби, $48^{\circ}27'00''$ пн. ш.	Зовнішнє горизонтальне освітлення $E_{зГ}$, лк	Рівень природної освітленості на робочій поверхні		
		E_A	E_B	E_B
8	6300	263	141	98
9	7900	265	180	132
10	9500	429	226	157
11	11100	503	249	182
12	11500	516	266	186
13	10700	483	250	173

Значні успіхи в розробці компактних ЛЛ зроби́ли доцільним використання цього джерела світла для організації місцевого освітлення робочих місць, якщо не вистачає природного світла.

Поміж різних видів освітлення в сфері промисловості, лідером у розвинених країнах є світлодіодне. До головних переваг СД-технологій відносять їх екологічну безпеку через відсутність ртуті та енергоефективність, оскільки впровадження сучасних світлодіодних рішень забезпечує зниження енерговитрат на освітлення до 70 % [79].

В Україні за останні 10 років СД продукція досягла параметрів світлової віддачі понад 80 лм/Вт. У розвинених країнах, таких як США на державному рівні заплановане збільшення світлової віддачі світлодіодів більше 200 лм/Вт (рис. 2.13). Перевагу у виробництві віддають світлодіодам.

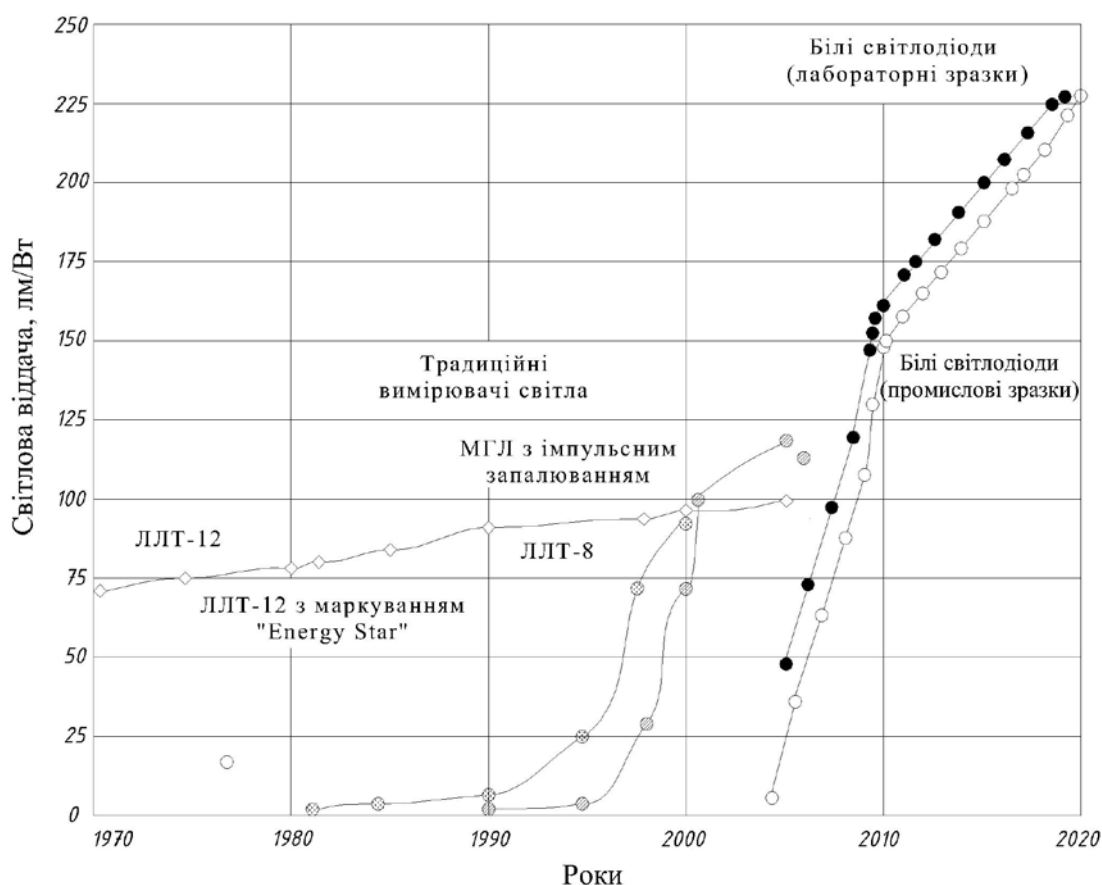


Рис. 2.13 Динаміка росту світлової віддачі лабораторних та промислових зразків світлодіодів

На основі проведеного нами аналізу опублікованих джерел було визначено порівняльні характеристики люмінесцентних та СД ламп, що наведені в табл. 2.6. СД споживають у 2...2,5 рази менше електроенергії, мають у 10 разів більший строк служби та спектр випромінювання, наближений до природного. Спостерігається провал спектру на хвилі 670 нм (червоний спектр) та 480 нм, а за деякими джерелами 440-460 нм (синій спектр), що турбує біологів та гігієністів. Однак використання суміщеного освітлення (штучне + природне), компенсує нестачу цього спектру. У СД ламп відсутні мерехтіння та «ефект розігріву», вони позбавлені шкідливого для очей ультрафіолетового випромінювання. Світлодіодні світильники є малонагрівальним приладом, стійким до механічних та температурних впливів.

Таблиця 2.6

Порівняння характеристик люмінесцентних та світлодіодних ламп

Тип лампи	ЛЛ (люмінесцентні лампи)	СД (світлодіодні лампи)
Світлова віддача, Лм/Вт	50...80	до 100
Строк служби, годин	10...15 тис.	до 100тис.
Контрастність та передача кольору	слабка	відмінна
Механічна міцність	середня	відмінна
Температурна стійкість	слабка	відмінна
Стійкість до перепадів напруги	слабка	відмінна
Час виходу в номінальний режим	10...15 хвилин	миттєво
Нагрівання	сильне	слабке
Екологічна безпека	Лампа вміщує до 100мг випарів ртуті	Абсолютно безпечні

Проведений нами аналіз світлових приладів, представлених на ринку України виявив, що світлодіодне освітлення відрізняється від усіх типів

традиційних джерел світла також здатністю створити динамічне освітлення з новими можливостями впливу на біологічні процеси в організмі людини. Тому вплив СД-освітлення на зорову працеспроможність робітників дає підставу щодо подальшого дослідження процесів взаємодії напруженості праці та якості світлового середовища на робочому місці.

Дослідженнями біологічного впливу світла, встановлено, що синя область спектру має найбільшу чутливість, тому для відповідальної зосередженої роботи необхідно враховувати цей аспект. Для неактивної роботи краще використовувати тепло-біле освітлення, де максимум зорової чутливості зосереджується в жовто-зеленій області.

Рядом досліджень підтверджено [49–50, 64, 80–85], що короткохвильове світло в порівнянні з більшими довжинами хвиль ефективніше викликає фазовий зсув циркадної системи та пригнічення секреції мелатоніну, підвищує почуття бадьорості та активації функціонального стану організму.

Для загального штучного освітлення необхідно використовувати енергоефективне, якісне освітлення Мірою якості приймають показник ергономічності освітлення ELI (Ergonomic Lighting Indicator) визначений за 5 критеріями [86], які наведені в табл. 2.7.

Психологічними дослідженнями встановлено, що пристосування до добового ритму, тобто до природно-біологічного циклу, впливає на здоров'я людей, призводить до покращення настрою, діяльності, сприяє активній роботі мислення.

Світлодіодне світло має позитивний вплив, коли використовуються в першій половині робочого дня синхронно з добовими природними змінами за часом. Окремі види робіт передбачаються в 2 або 3 зміни. Для підтримки бадьорості використовувати білі світлодіоди. Але вони негативно впливають на циркадну систему і можуть призвести до розладу функціонального стану. Таке відхилення потрібно корегувати режимом роботи та відпочинку.

В той же час визначено, що в нормативах [14, 53] не враховані новітні медико-біологічні дослідження не візуального впливу світла на здоров'я людей.

Загалом необхідно розробити та стандартизувати норми захисту від незорових біологічних впливів світла та фотобіологічної небезпеки. Потенційну небезпеку має випромінювання люмінофорних СД холодно-білого світла з корелятивною колірною температурою більше 6000 К. З білих СД найменш небезпечними для зору представляються СД з корелятивною колірною температурою не вище 4000 К. Це є підставою, що при проектуванні системи освітлення слід пред'являти дуже серйозні вимоги до спектральних характеристик випромінювання світлодіодних ламп.

Таблиця 2.7

Характеристика критеріїв якості освітлення

Позначення та назва критеріїв якості освітлення	Основні параметри якості освітлення та можливості впливу на них
1	2
Критерій А – зорова робота	Рівень освітленості; рівномірність освітленості; ССТ; якість кольоропередавання передавання контрасту; обмеження на відбивання
Критерій Б – сприйняття сцени	Архітектурні рішення; орієнтація; навколишнє середовище тощо
Критерій С – зоровий комфорт	Контроль блискавості (UGR) (Unified Glare Rating); розподіл яскравості; обмеження пульсацій; природне освітлення
Критерій Д – життєдіяльність	Самопочуття; активність; біологічні процеси; безпечність
Критерій Е – можливості	Індивідуальне керування освітленням; автоматичне керування освітленням; динамічне освітлення

У неякісних СД може спостерігатися пульсація. Встановлено, що вона виходить за межі зорового сприйняття, але може негативно впливати на організм людини. Безпечні межі коефіцієнта пульсації в залежності від частоти для пульсацій, що не сприймаються візуально ($f > 80-90$ Гц) представлено на рис. 2.14.

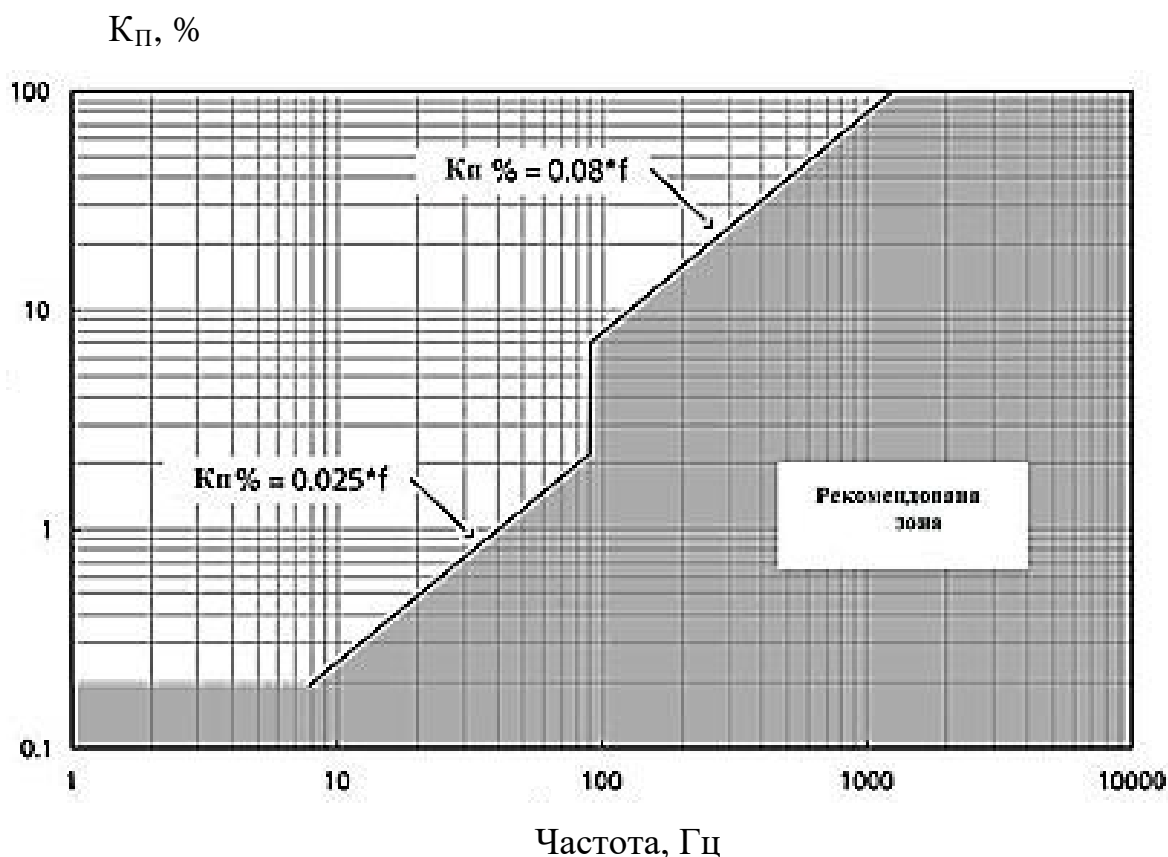


Рис. 2.14 Максимально допустимий рівень глибини пульсацій в залежності від частоти

В дослідженнях [86] запропоновано рекомендувати в нормативних документах для освітлення дошкільних та навчальних закладів, а також медичних закладів та побутових приміщень світлодіодні лампи з ССТ не вище 3500 К, яскравістю не вище ніж 5000 кд/м^2 , загальним індексом кольоропередавання $R_a > 80$ та коефіцієнтом пульсації світлового потоку:

- в інтервалі частот до 90 Гц – не вище 3 %;
- для частот вище 90 Гц – не вище значень чисельно рівних $0,08 f$ (для 100 Гц – 8 %);
- вище 1250 Гц – обмеження відсутні.

Національні стандарти [14, 53] регламентують вимоги до світлодіодів. Слід враховувати, що реальні показники багатьох СД ламп відрізняються від зазначених. Так, при перевірочних випробувань світлова віддача СД ламп становить не вище 70 лм/Вт (при прогнозованих 100 лм/Вт).

Наукові дискусії щодо безпеки для здоров'я людей світлодіодного освітлення спираються на медико-біологічні дослідження ока, сітківки, зміни його роботи на клітковому рівні [85], де визначають негативний вплив викидів синього кольору на сітківку та гормональну систему людини. Однак відомі спеціалісти в галузі промислового освітлення [87] стверджують, що немає підстав для занепокоєння щодо негативного впливу на здоров'я людини СД ламп з $T_{\text{ц}}=2700\text{--}3000\text{ K}$, $R_a > 80$ (табл. 2.8) [87].

Таблиця 2.8

Відсоткове співвідношення загальних доз видимого (ДВВ) та біологічного випромінювання для СД-ламп, компактних ЛЛ та ламп розжарювання загального призначення

№	Вид лампи	ДВВ, %		Доза біологічного випромінювання, %
		25 років	65 років	
1	Лампи розжарювання загального призначення	100	92,9	100
2	СД з $T_{\text{ц}}=2700\text{ K}$, $R_a=80$		64,6	99,0
3	СД з $T_{\text{ц}}=4000\text{ K}$, $R_a=65$		52,2	133,8
4	Компактна ЛЛ з $T_{\text{ц}}=2700\text{ K}$, $R_a=80$		55,3	99,1

Проведений нами аналіз дозволяє зроби висновок, що дослідження напруженості праці за фактором світлового середовища необхідно проводити в системах природного та штучного освітлення (джерела: ЛЛ та СД) в діапазоні від 300 лк до 1000 лк з нормованими показниками якості освітлення (пульсація, кольорова температура, зоровий дискомфорт). Перерозподіл світла в приміщенні та розташування обладнання розраховується за вихідними даними об'ємно-планувальних рішень за допомогою методу використання світлового потоку.

2.4 Об'ємно-планувальні рішення операторських приміщень та обґрунтування вибору експериментального приміщення

На основі проведених нами досліджень, встановлено, що приміщення, де розташовані робочі місця операторів, як правило, ізольовані від виробництв. Вони, або вбудовані в частину виробничої площі, або розташовуються в межах виробничої будівлі (категорії В, Г, Д), або прибудовані і відділені протипожежними перешкодами. Типову організацію робочих місць представлено на рис. 2.15, 2.16.

Операторські приміщення можуть розташовуватись і в адміністративних будівлях підприємств, які входять в комплекс будинків і споруд, пов'язаних єдиним виробничим процесом. Архітектурно-планувальні рішення приймаються з урахуванням містобудівних, кліматичних умов району будівництва [88].

Не всі існуючі приміщення операторів відповідають вимогам сучасних норм, але створення безпечних умов праці досягається розробкою заходів для кожного робочого місця згідно змісту діяльності та можливості переоснащення його або реконструкції приміщень, з урахуванням праці людей з обмеженими можливостями.

На основі проведеного нами аналізу визначено, що приміщення операторів проектується за нормативними документами для будинків адміністративного та побутового призначення [89]. Вони можуть розташовуватись у виробничих будівлях з окремим входом та огороженням, зі світловими прорізами, необхідними для потрапляння природного світла. Висота приміщень робочих місць операторів повинна бути не менше 2,5 м, від підлоги до виступу конструкцій обладнання, комунікацій, перетинів не менше 2,2 м, висота вбудованих приміщень не менше 2,4 м. Із вбудованих приміщень передбачаються виходи у виробничі приміщення по відкритих сходах типу С2. Площа одного робочого місця – 6 м², для працівників з обмеженими можливостями повинна бути не менше 7,65 м². Рівень шуму в приміщенні не більше 45 дБА. Природне освітлення робочих поверхонь може бути бокове, верхнє, комбіноване (верхнє і

бокове). Найбільш поширене – бокове освітлення виробничих і вбудованих допоміжних приміщень.



Рис. 2.15 Приклад організації робочих місць операторів в приміщенні, відокремленого від виробництва на підприємстві виготовлення будматеріалів.



Рис. 2.16 Приклад організації робочих місць операторів в приміщенні, прибудованого до основного виробництва цементного заводу

Враховуючи сучасні вимоги безпеки праці, робочі місця операторів, повинні бути обладнані персональними комп'ютерами і/або відеодисплейними терміналами та задовольняти ергономічні вимоги, які представлені на рис. 2.17.

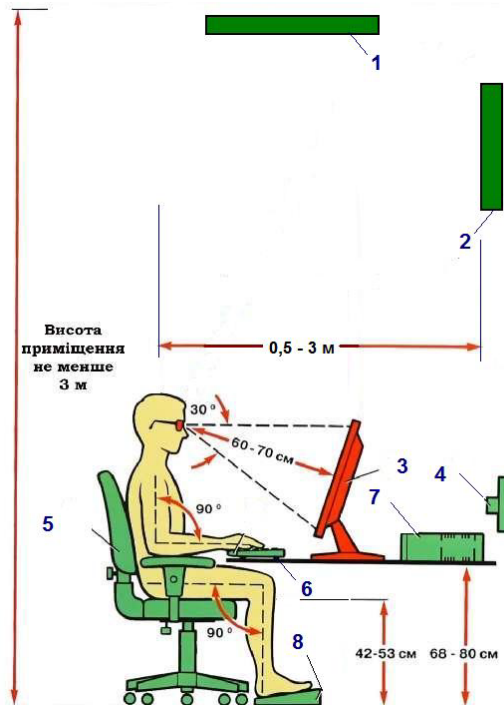


Рис. 2.17 Приклад розміщення робочого місця оператора з урахуванням ергономічних вимог та освітлення

1. Світильник з електронним пускорегулюючим апаратом; 2. Кондиціонер, або вентиляція приміщення; 3. Дисплей з приєкраним фільтром (при необхідності); 4. Заземлення електричної розетки; 5. Крісло з регулюючими параметрами; 6. Підставка під кисті рук; 7. Блок безперебійного живлення; 8. Підставка для ніг.

Аналіз типових об'ємно-планувальних рішень приміщень виробництва дає змогу визначити стандартні розміри в плані: мінімальна довжина – 3 м з кроком 0,6 м (3,6 м; 4,2 м; 4,8 м; 5,4 м; 6 м), мінімальна ширина – 3 м з кроком 0,5 м.

В робочих приміщеннях природне освітлення організовано світлоотворами. В сучасних рішеннях часто в якості огороження приймають світлопрозору систему. Висота приміщення в існуючих забудовах від 2,5 м, що менше ніж

вимагають норми [14, 53]. Аналіз показує, що в основному приймаються три типові рішення організації робочих місць операторів (рис. 2.18).

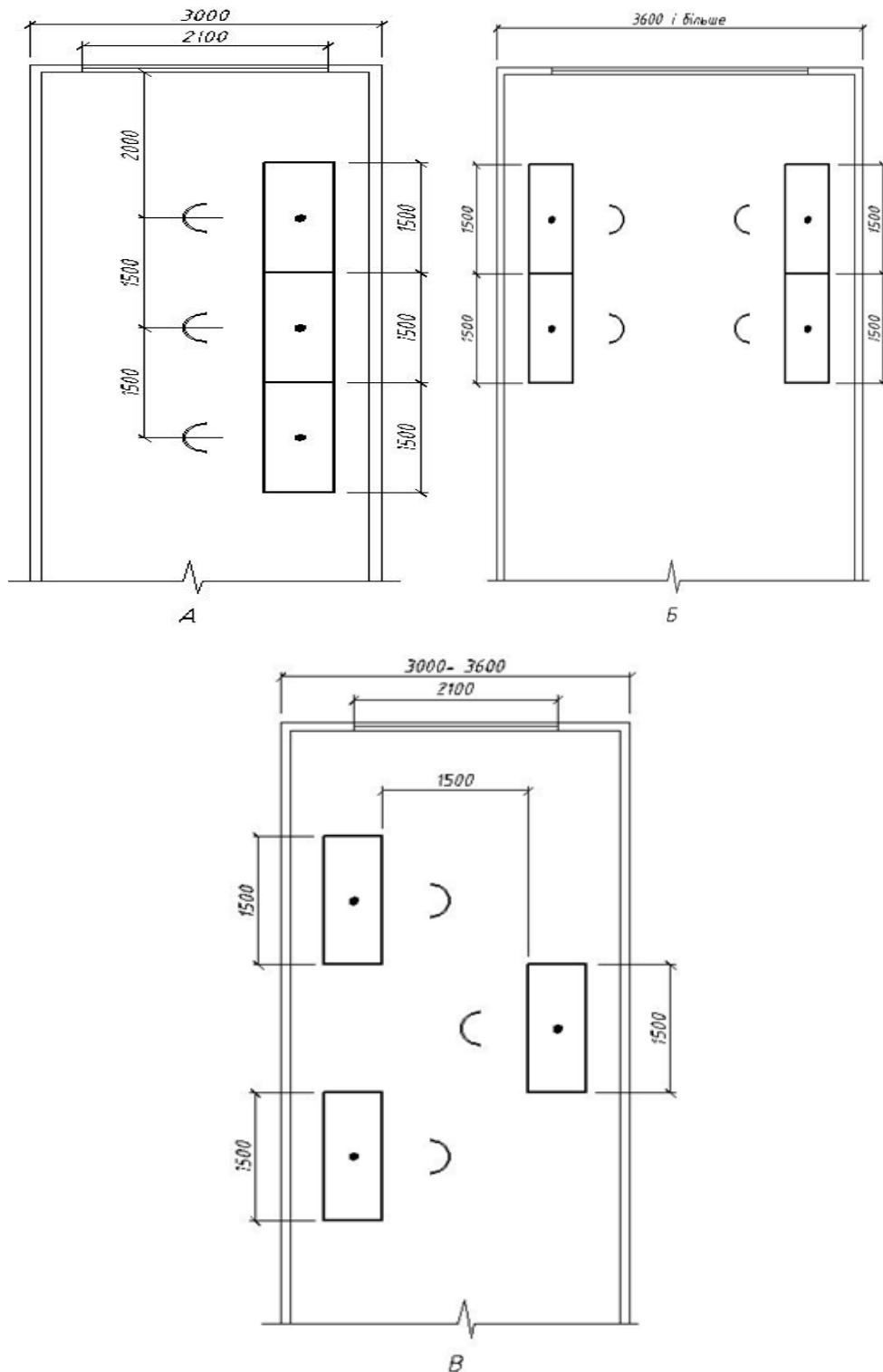


Рис. 2.18 Схеми розташування робочих місць операторів на постійних робочих місцях в приміщеннях:

А – розташування від світлового отвору в один ряд; Б – розташування від світлового отвору в два ряди; В – вільне розташування в шаховому порядку.

2.5 Вибір методики визначення параметрів світлового середовища для оцінки умов праці

Умови праці за фактором світлового середовища визначаються нормованими показниками [14, 53], шляхом аудиту робочих місць.

Методики визначення параметрів світлового середовища ґрунтуються на світлотехнічних розрахунках ОУ (освітлювальні установки), які носять наближений характер. На теперішній час на світовому ринку програмного забезпечення є спеціалізовані світлотехнічні програми, які дозволяють отримувати моделі ОУ, близькі до реальності. Розрахункові алгоритми базуються на сучасних математичних методах використання матрично-векторного апарату. Найбільш поширені: метод випромінюваності (radiosity) і метод трасування променів (ray tracing), які дозволяють адекватно змоделювати процеси переносу випромінювання в досліджуваному просторі.

Для практичного застосування в оцінці умов праці з визначення параметрів світлового середовища необхідно вирішити завдання щодо забезпечення необхідного рівня освітлення на робочих місцях ОУ за його світлотехнічними характеристиками.

Як було вище визначено, основним розрахунковим нормативним показником є рівень мінімальної освітленості E_{min} на робочій поверхні та коефіцієнт природної освітленості D_n , %. Оскільки для природного і штучного (суміщеного) освітлення застосовують різні підходи до розрахунку, то розглядаємо їх окремо.

Природне освітлення розраховують на стадії ескізного проектування для визначення необхідної площі світлопрорізів в залежності від світлового клімату України, площі та висоти приміщення, конструкції вікон, прозорості скла та характеристик світловідбивання поверхонь з урахуванням довжини та глибини приміщень. Нормативне значення D_n , % в розрахунку визначається в [14] за призначенням приміщення та характеристикою зорових робіт, але кількість природного світла змінюється протягом робочого дня, швидко змінюється при

зміні погодних умов. Рівень освітленості всередині приміщення D_n , % залежить від середньомісячної сумарної зовнішньої освітленості хмарного неба МКО, що визначено формулою 2.1 [55].

$$KПО, D_n = \frac{E_{вн}}{E_{зовн}} \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

де $E_{вн}$ – освітленість в деякій точці заданої площини всередині приміщення, лк;

$E_{зовн}$ – зовнішня горизонтальна освітленість, створювана світлом повністю відкритого небосхилу, лк.

При боковому освітленні площу світлопрорізів визначають за формулою 2.2:

$$S_{\epsilon} = \frac{D_n}{100 \cdot m} \cdot \frac{K_3 \cdot \eta_{\epsilon} \cdot K_{\text{буд}}}{\tau_0 \cdot r_1} , \quad (2.2)$$

де S_{ϵ} – площа світлових прорізів (в світлі) відповідно при боковому та верхньому освітленні, м²;

D_n – нормоване значення КПО, %;

m – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу;

K_3 – коефіцієнт запасу;

η_{ϵ} – коефіцієнт, що враховує світлову активність вікон і ліхтарів;

$K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінювання вікон протилежними будинками;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання.

Кліматичні умови України, особливо в холодний період, не дозволяють створити в приміщеннях тільки природне світлове середовище, тому на робочих місцях використовують суміщене освітлення (природне+штучне).

Згідно досліджень [32, 90, 91] природного світла у Придніпровському регіоні визначено, що кількість годин освітлення робочих місць штучним світлом у період роботи з 8.00 до 18.00, складає 456,5 год/рік. Це становить 20 % всього робочого часу.

Суміщене освітлення потрібне також для забезпечення нормативних рівнів освітленості на автоматизованому робочому місці. Для досягнення та збалансування розподілу яскравості в приміщенні (автоматичне чи ручне перемикання) та/чи затемнення може бути застосовано для забезпечення належної комбінації між штучним освітленням і денним світлом [53].

Спрощені методи розрахунку які представлені в [54, 92] допускають наступні обмеження та припущення: використання точкової моделі джерела світла; дифузний (ламбертовий) характер відбиття світла від оточуючих поверхонь; рівномірність розподілу світла по поверхні.

Розподіл освітленості по робочій поверхні і оцінку її нерівномірності отримуємо, застосувавши два найбільш поширені спрощені методи: точковий і використання світлового потоку. Перший використовуємо для прямої складової освітленості, а відбиту складову – методом коефіцієнта використання.

Пряму складову освітленості визначаємо за формулою 2.3, схема до розрахунку представлено на рис. 2.19:

$$E(\bar{r}_p) = \frac{l(\hat{s})}{|\bar{r}_p - \bar{r}_s|^2} |(\hat{s} \cdot \hat{n}_p)|, \quad (2.3)$$

де $l(\hat{s})$ – сила світла випромінювача S у напрямку точки P визначається вектором:

$$S = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_s}{|\bar{r}_p - \bar{r}_s|}, \quad (2.4)$$

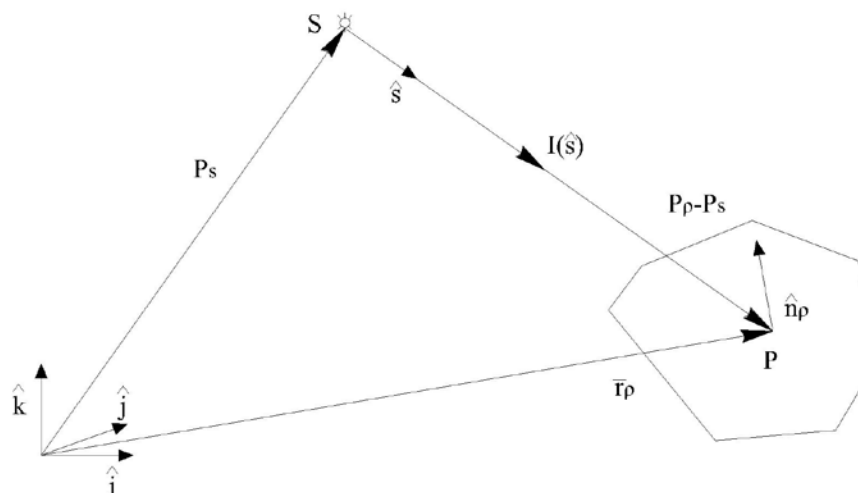


Рис. 2. 19 Схема до розрахунку

$$\begin{cases} \hat{i}' = l_1 \hat{i} + m_1 \hat{j} + n_1 \hat{k}, \\ \hat{j}' = l_2 \hat{i} + m_2 \hat{j} + n_2 \hat{k}, \\ \hat{k}' = l_3 \hat{i} + m_3 \hat{j} + n_3 \hat{k}. \end{cases} \quad (2.5)$$

Ці коефіцієнти створюють матрицю:

$$M = \begin{bmatrix} l_1 & m_1 & n_1 \\ l_2 & m_2 & n_2 \\ l_3 & m_3 & n_3 \end{bmatrix}, \quad (2.6)$$

$$M = \begin{bmatrix} -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ \cos \psi \sin \varphi & \sin \psi \sin \varphi & \cos \varphi \\ \cos \psi \cos \varphi & \sin \psi \cos \varphi & -\sin \varphi \end{bmatrix}, \quad (2.7)$$

Для системи (C, γ) рисунок 2.20

$$C_s = \text{sign}(s'_1) \arccos \frac{(s'_2)}{\sqrt{1 - (s'_3)^2}}, \quad (2.8)$$

$$\gamma_s = \arccos(s'_3), \quad (2.9)$$

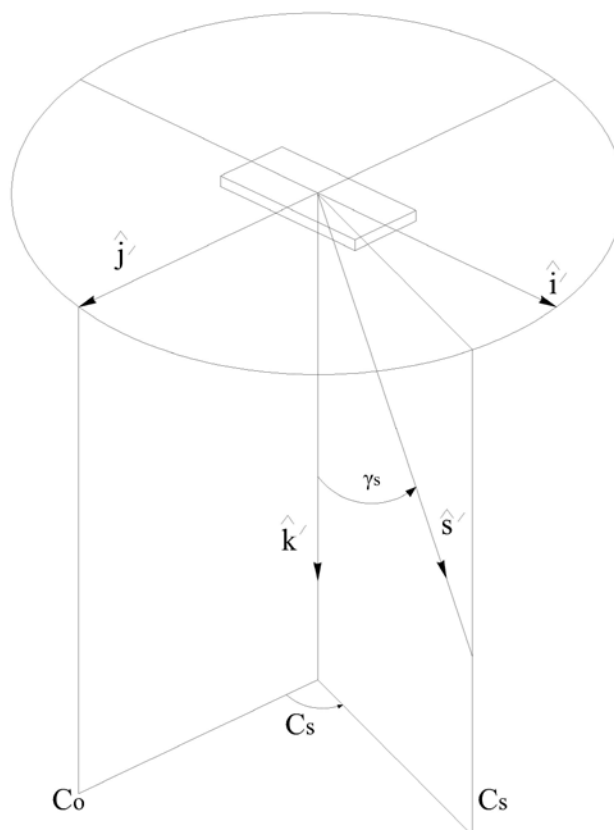


Рис. 2.20 Орієнтація базису випромінювача в системі (C, γ)

Світловий вектор вказує переважний напрямок світлового потоку.

Середньозважений за площею коефіцієнт відбиття верхньої напівсфери (оскільки приймаємо приміщення як купол), який визначається через коефіцієнти відбиття стелі $\rho_{стелі}$ і стін $\rho_{стін}$, довжину a та ширину b приміщення, а також висоту поверхні порожнини h_{ϕ} :

$$\rho_{сер.ф.} = \frac{\rho_{стелі} \cdot a \cdot b + 2 \cdot \rho_{стін} \cdot h_{\phi} \cdot (a + b)}{a \cdot b + 2 \cdot h_{\phi} \cdot (a + b)}, \quad (2.10)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку верхньої напівсфери відносно фіктивної поверхні:

$$u_{\phi.} = \frac{a \cdot b}{a \cdot b + 2 \cdot h_{\phi} \cdot (a + b)}, \quad (2.11)$$

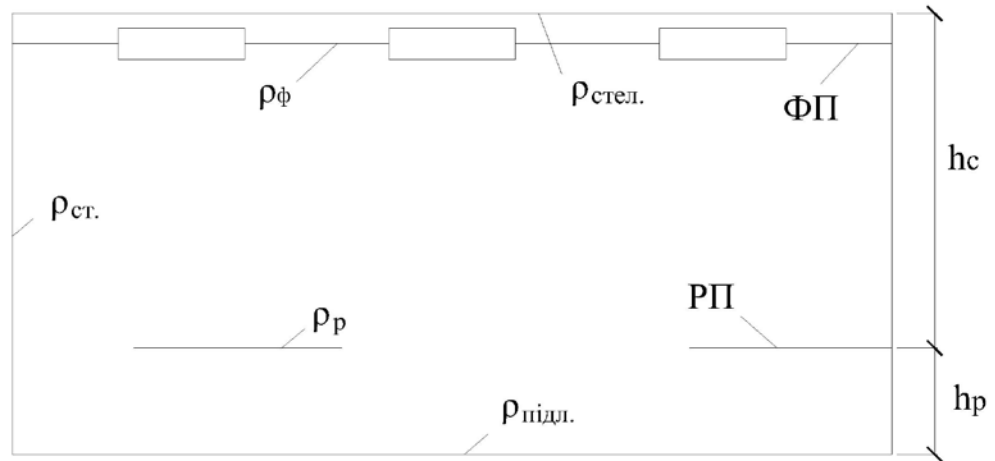


Рис. 2.21 Схема розташування фіктивної (ФП) та робочої поверхні (РП) у вертикальному розрізі приміщення

Індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (2.12)$$

$$k_{pp} = \frac{[1 - \rho_{\phi} \cdot (1 - F_{\phi p})] \cdot G}{D}, \quad (2.13)$$

$$k_{cp} = \frac{(1 + \rho_{\phi} \cdot F_{\phi p}) \cdot G}{D}, \quad (2.14)$$

$$k_{\phi p} = \frac{\rho_{\phi} \cdot [F_{\phi p} + (1 - F_{\phi p}) \cdot G]}{D}, \quad (2.15)$$

$$G = \rho_c \cdot \gamma_c \cdot (1 - F_{\phi p}) \cdot \frac{i}{2}, \quad (2.16)$$

$$D = 1 - [(1 - F_{\phi p}) \cdot (2 \cdot \rho_{\phi} \cdot \rho_p \cdot F_{\phi p} + \rho_{\phi} + \rho_p) \cdot G + \rho_{\phi} \cdot \rho_p \cdot F_{\phi p}^2], \quad (2.17)$$

Таким чином, розподіл освітленості на робочій поверхні отримуємо за формулою 2.18:

$$E(\bar{r}_p) = E_{np}(\bar{r}_p) + \frac{N \cdot \Phi_{cn} \cdot \eta_{oy.видб.}}{A_p \cdot K_3}, \quad (2.18)$$

де $E_{np}(\bar{r}_p)$ – сума прямої та відбитої складової розподілу освітлення на робочій поверхні, лк;

N – кількість світлових приладів в освітлювальній установці;

Φ_{cn} – світловий потік одного світлового приладу, лм;

$\eta_{oy. видб.}$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки за рахунок відображеного потоку;

A_p – площа робочої поверхні приміщення, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт використання визначаємо за формулою 2.19.

$$\eta_{oy.видб.} = \frac{[\Phi'_p \cdot (k_{pp} - 1) + \Phi'_c \cdot k_{cp} + \Phi'_\phi \cdot k_{\phi p}]}{\Phi_{cn}}, \quad (2.19)$$

де Φ'_p – світловий потік на робочій поверхні, лм;

k_{pp} – кутовий коефіцієнт;

Φ'_c – світловий потік на стінах, лм;

k_{cp} – середній кутовий коефіцієнт;

Φ'_ϕ – світловий потік у верхню напівсферу, лм;

$k_{\phi p}$ – кутовий коефіцієнт;

Φ_{cn} – світловий потік світлового приладу, лм.

Спрощений метод для розрахунку параметрів штучного освітлення в [55, 56] запропоновано метод використання [54], який можна виконувати вручну. Цей інженерний метод базується на використанні розрахункових таблиць а також аналітичної апроксимації.

Світловий потік визначається за формулою 2.20.

$$\Phi_{\text{спож}} = N \cdot \Phi_{\text{сп}} = \frac{E_n \cdot z \cdot A_p \cdot K_z}{\eta_{\text{оу}}}, \quad (2.20)$$

де $\Phi_{\text{спож}}$ – сумарне споживання світлового потоку світловими приладами, лм;

N – кількість світлових приладів в освітлювальній установці, шт.;

$\Phi_{\text{сп}}$ – світловий потік одного світлового приладу, лм;

E_n – нормована освітленість, лк;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

A_p – площа робочої поверхні приміщення, м²;

K_z – коефіцієнт запасу;

$\eta_{\text{оу}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку світловим приладом відносно робочої поверхні.

Реалізація розрахунку рівня освітленості та інших показників СС крім колірної температури можлива з використанням програми DIALux версія 8.2, яка розроблена Німецьким Інститутом прикладної світлотехніки (DIAL) і використовується для проектування освітлення приміщень (типових розрахунків). Програма заснована на методі випромінюваності та адаптивному трасуванню променів, за допомогою якої отримуємо не тільки показники СС, але і розподіл рівнів освітленості в приміщенні. Це дозволяє отримати адекватну модель переносу променів джерел світла на робочу поверхню та перерозподілу шляхом відбиття їх від огорожуючих поверхонь.

З метою вибору методів встановлення параметрів СС, що відображають достовірну картину освітлення робочого місця в експериментальному приміщенні за математичною моделлю, реалізованою за допомогою програми DIALux версія 8.2 та розрахунку, наведеному в [55, 56], отримуємо наступні показники, які представлені в табл. 2.9.

Порівняння кількості визначених показників СС

Показники СС	Програма DIALux	Розрахунок [55, 56]
Мінімальний рівень освітленості	розраховується	Приймається як нормований
Максимальний рівень освітленості	розраховується	-
Розподіл освітлення в приміщенні	розраховується	-
Коефіцієнт експлуатації	розраховується	-
Рівномірність освітлення	розраховується	-
Світловий потік	приймається за каталогом виробника	розраховується
Питома споживана потужність	розраховується	-
Світлова віддача	розраховується	-

В результаті порівняння кількості показників, обираємо математичну модель із застосуванням програмного забезпечення DIALux 8.2 (9.2) для відтворення адекватної моделі СС з її показниками на робочому місці в приміщенні. Загальним недоліком цих методів є невизначеність колірної температури на робочому місці, тому в подальшій побудові математичної моделі знаходимо цей показник.

Нормативом [14] встановлено обмеження: джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К, інтенсивність ультрафіолетового опромінення в діапазоні 320–400 нм не перевищує $0,03 \text{ Вт/м}^2$, випромінювання джерела освітлення менше 320 нм не допускається. Світлова віддача визначена для розрядних ламп (ЛЛ, металогенні), а для СД освітлення не визначено. Тому в подальшому експериментальному дослідженні визначаємо цей показник в функції працеспроможності оператора.

В дослідженнях [93, 94] щодо вдосконалення чинних нормативних документів з освітлення [14] та впливу зорового комфорту запропоновано інтегральний критерій оптимального функціонального стану людини у відповідності умов СС, що містить базові компоненти – психологічний та психофізіологічний через показник комфорту C (номограма Крюїтгофа), і запропоновано обчислювати формулою

$$C = T_c^2 + E_m - \sqrt{T_c}, \quad (2.30)$$

де T_c – колірна температура випромінювача (температура Планка чорного тіла), за якої його випромінювання має ту саму кольоровість, що і випромінювання об'єкта;

A_1 – крива межі зони дискомфорту при недостатній освітленості ($A_1 = \sqrt{T_c}$);

A_2 – крива межі зони дискомфорту при потужній освітленості ($A_2 = T_c^2 + E_m$);

$A_2 - A_1$ – комфортний інтервал освітленості;

E_m – вільний коефіцієнт освітленості ($E_m = 8, 25, 130 \dots$ – діаграма для знаходження зони комфорту).

З метою вдосконалення визначення залежності показників «освітлення – колірна температура» згідно із завданням досліджень, та зручності використання номограм, обчислюємо запропоновані величини колірної температури, які наведені у різних джерелах та нормативі [14], всього проаналізовано 5 відомих номограм. Для встановлення величини колірної температури T_c - показника, який має незоровий вплив на функціональний стан працівника використовуємо номограму Крюїтгофа (рис. 2.6). Залежність освітленості від колірної температури апроксимуємо окремо для нижньої і верхньої межі зони комфорту. З цією метою обчислюємо кількісні показники верхньої та нижньої межі зони комфорту. Обчислення представлені в табл. 2.10.

Обчислення зони комфорту

T, К	Діапазон $E_n - E_g$, лк				
	1	2	3	4	5 [14]
2500	52 - 86	79 - 110	58-115	77-125	38-60
3000	103 - 385	131 - 469	126-570	138-481	100-258
3500	153 - 1725	182 - 1999	193-2823	199-1854	162-1098
4000	204 - 7731	234 - 8521	261-13982	260-7152	224-4680
4500	255-	286-	328-	320-	349-
5000	305-	338-	396-	381-	349-
5500	356-	390-	463-	442-	411-
6000	406-	441-	531-	503-	473-
6500	457-	493-	598-	564-	535-
7000	508-	545-	666-	625-	597-

Для нижньої та верхньої межі зони комфорту отримано функції апроксимації, які представлено в табл. 2.11, а залежність колірної температури від рівня освітленості в межах зони комфорту показано на рис. 2.22. Оскільки спектр випромінювання джерела освітлення впливає на активність людини, то й величина колірної температур теж впливає на праце спроможність працівника.

Таблиця 2.11

Функції апроксимації нижньої та верхньої межі зони комфорту

№	Нижня межа зони комфорту E_n , лк	R^2	Верхня межа зони комфорту E_g , лк	R^2
1	$E_n = 0,1012 \cdot T - 200,8$	0,998	$E_g = 0,0475 \cdot e^{0,003 \cdot T}$	0,999
2	$E_n = 0,1036 \cdot T - 180,26$	0,981	$E_g = 0,0781 \cdot e^{0,0029 \cdot T}$	0,996
3	$E_n = 0,135 \cdot T - 279,09$	0,985	$E_g = 0,0386 \cdot e^{0,0032 \cdot T}$	0,996
4	$E_n = 0,1217 \cdot T - 227,27$	0,975	$E_g = 0,1459 \cdot e^{0,0027 \cdot T}$	0,991
5 [14]	$E_n = 0,1241 \cdot T - 271,91$	0,992	$E_g = 0,0429 \cdot e^{0,0029 \cdot T}$	0,962

Це надає змогу отримати кількісні параметри СС (рівень освітленості та колірну температуру) на робочому місці та проаналізувати умови праці операторів за таким фактором.

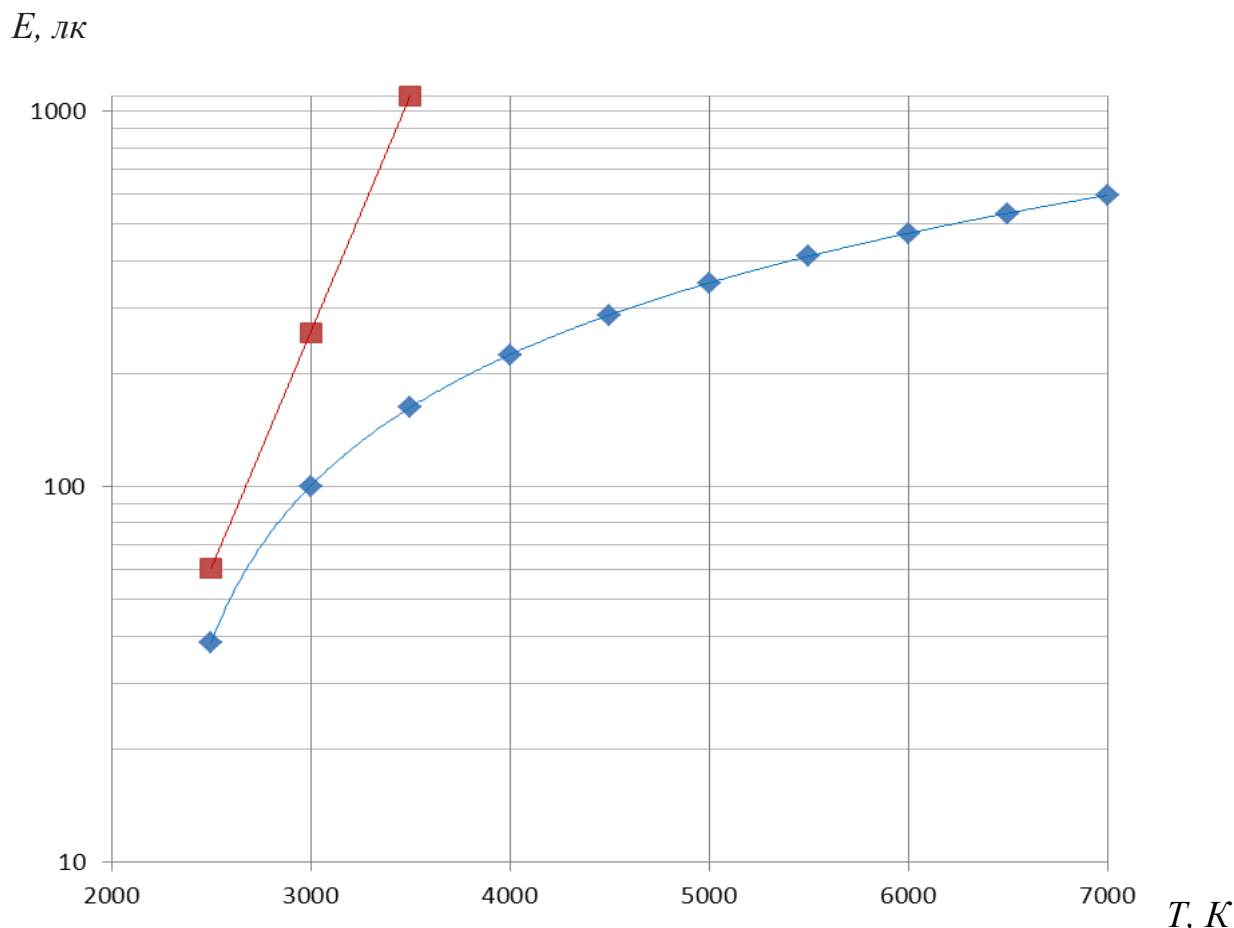


Рис. 2.22 Функція нижньої та верхньої межі зони комфорту в діапазоні рівнів освітленості до 1000 лк в залежності від значення колірної температури.

Спираючись на нормовані параметри СС [53], де визначено, що «освітлення автоматизованих робочих місць з обладнанням з дисплея монітору має бути прийнятним для всіх завдань, які виконують на автоматизованому робочому місці, наприклад читання з монітору, друкованого тексту, робота на клавіатурі, написання на папері. Рекомендації щодо діапазону колірної температури у кореляції з природним та суміщеним освітленням, яке стимулює людей до підвищення їхньої працездатності та безпеки праці, ще знаходиться на стадії

розробки». Тому перевірка моделі освітлення та проведення експерименту напруженості праці цими параметрами СС (рівень освітленості та колірна температура) надає змогу розробки таких рекомендацій щодо підвищення безпеки праці.

Висновки до розділу 2

1. На основі проведеного аналізу виконання працівниками робіт в сучасному автоматизованому виробництві визначено, що згідно класифікатору професій в Україні ціла група працівників знаходяться в споріднених умовах праці при виконанні наступних робіт та професій: оператори систем управління та контролю за технологічним устаткуванням, керівники, менеджери, професіонали, фахівці, технічні службовці, управителі, кваліфіковані робітники з інструментом, робітники з обслуговування, експлуатації та контролювання за роботою технологічного устаткування, складання устаткування та машин. В подальшому вказану категорію працівників умовно названо – оператори.

2. Визначено, що зміст роботи операторів згідно класифікатору професій в Україні має спільні характерні ознаки діяльності, що потребує: сприйняття інформації зоровим аналізатором на відеодисплейних терміналах (ВДТ), та персональних комп'ютерах (ПК), а саме: переробка інформації, прийняття рішення та відтворення обробленої інформації.

3. Встановлено, що умови праці даної категорії працівників формуються за наступними виробничими факторами: *фізичні* - мікроклімат, неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання, освітлення; *фактори трудового середовища*: напруженість (інтелектуальне, сенсорне, емоційне навантаження). Визначено, що для даної категорії працівників важливим фактором, який впливає на працеспроможність та безпеку праці є освітлення.

4. В результаті проведених досліджень визначено, що для 87 % досліджених робочих місць даної категорії працівників параметри світлового середовища не відповідають нормам. Тому виникла необхідність провести аналіз умов праці для даної категорії працівників (операторів) на постійних робочих місцях в

приміщеннях, яку ми умовно назвали «оператори» та дослідити вплив показників світлового середовища згідно вимог на напруженість трудового процесу.

5. Для визначення напруженості праці робітників запропоновано в дослідженнях прийняти граничні умови: вік працівників – від 20 до 65 років; зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно інструкції, сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка; умови праці – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності, тривалість зосередження уваги більше 75 % робочого часу.

6. Дослідження напруженості праці запропоновано проводити з застосуванням тестування за відомою методикою діагностики оперативної самооцінки САН (С – самопочуття, А – активність, Н – настрої) із встановленням параметрів світлового середовища в приміщеннях (рівнів освітленості, колірної температури під час роботи), що дозволяє визначити психоемоційну реакцію на навантаження.

7. Для одержання достовірних даних самооцінки функціонального стану працівників тестування проводили за 7-ма бальною шкалою і 3-ма критеріями: самопочуття, активність, настрої (САН). Фіксувався вік та зміст роботи. Рівень освітленості та колірна температура під час тестування вимірювалися безпосередньо на робочій поверхні тричі у продовж тестування. Під час обробки тестів, рівень освітленості приймався як середньоарифметичне значення трьох вимірювань.

8. Визначено, що при рівнях освітленості більше 300 лк (природне світло) фіксується високий рівень (4,8–5,6) функціонального стану, що зумовлено фізіологією зорового сприйняття, оскільки людське око найбільш пристосоване до природного світла (контраст яскравості, колірна відмінність, якість зображення на сітківці, освітленість на сітківці). Водночас, рівень активності та настрою працівників оцінювали як низький – допустимий на всьому діапазоні. Це, вірогідно, пов'язано із зниженням циркадної ефективності освітлення.

9. На основі проведених досліджень самооцінювання функціонального стану операторів на робочому місці визначено, що при штучному освітленні вплив

колірної температури при СД освітленні близько 1000 лк показник САН знаходиться на низькому та достатньому рівні, на відміну від освітлення в межах 500–700 лк, де цей показник є оптимальним і високим. На постійних робочих місцях операторів, згідно проведеного нами дослідження самооцінки функціонального стану, з мінімумом 500 лк, що відповідає вимогам для робіт в приміщеннях.

10. На основі проведених досліджень самооцінювання функціонального стану операторів на робочому місці при суміщеному ЛЛ освітленні визначено, що оптимальний та високий рівень самопочуття, настрою, виражено скупченістю даних від 450 лк до 750 лк, і теж підтверджує ефективність циркадної системи спостерігається підвищення зорового та загального функціонального стану працівника. При суміщеному СД освітленні в рівнях від 500 лк до 700 лк спостерігається зона скупченості високого рівня функціонального стану працівника.

11. В результаті проведеного моделювання із застосуванням програмного забезпечення DIALux одержана адекватна модель світлового середовища, що дозволяє визначити порівняльні кількісні показники світлового середовища.

12. Розроблений алгоритм комплексної оцінки умов праці за фактором світлового середовища, який враховує як зоровий так і незоровий вплив на працеспроможність та безпеку праці оператора.

Список використаних джерел у розділі 2

У розділі 2 використані [63...94] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Метою проведених експериментальних досліджень є пошук оптимальних з позиції безпеки праці параметрів світлового середовища на робочому місці оператора. Рішення поставленої задачі включає встановлення суттєвих факторів впливу на функціональний стан оператора, побудову інтерполяційних формул, оцінку показників працеспроможності, створення прийнятної моделі безпеки праці за фактором світлового середовища.

3.1 Планування експерименту

Дослідження працеспроможності за фактором світлового середовища базується на загальних принципах планування експерименту [95–97], а саме:

- визначення алгоритму варіювання вхідних параметрів;
- обґрунтована мінімізація загальної кількості дослідів;
- вибір чіткої стратегії переходу від однієї серії експериментів до іншої;
- відтворюваність результатів експериментів;
- використання математичного апарату для формалізації дій експериментатора.

Вибір вхідних параметрів (факторів) експерименту здійснювався при дотриманні наступних основних вимог:

- керованість (можливість встановлення певного рівня для кожного чинника світлового середовища з області його визначення та підтримання цього рівня протягом всього експерименту);
- однозначність (фактор не має бути функцією інших чинників);
- сумісність (кожний фактор може бути встановлений на будь-якому рівні не залежно від значення рівнів інших чинників);
- незалежність (відсутність кореляції чинників);

- точність (точність фіксації рівнів факторів має бути вищою за точність вимірювання вихідних параметрів експерименту).

Процедура вибору експериментального простору базувалась на попередніх дослідженнях впливу показників світлового середовища на функціональний стан працівника з урахуванням технічних та природно-кліматичних обмежень:

- за основний (нульовий) рівень освітленості прийнято $E_{\min} = 100$ лк, для колірної температури $T_{\min} = 2000$ К;

- інтервал варіювання параметрів світлового середовища становить для освітленості 100–1000 лк, для колірної температури 2000–6000 К;

- число рівнів освітленості 6 або 10 в залежності від виду системи освітлення.

Вибір вихідних параметрів дослідження (показників працеспроможності) також ґрунтувався на попередньому аналізі і мав відповідати наступним вимогам:

- можливість отримання кількісної оцінки (у відсотках, абсолютних або відносних одиницях);

- однозначність отриманої оцінки (певному набору значень факторів має відповідати одне значення вихідного параметра);

- репрезентативність (можливість ефективної оцінки досліджуваного процесу чи об'єкту);

- універсальність (здатність узагальнено, повно характеризувати процес чи об'єкт дослідження), простота обчислення;

- можливість подальшої інтерпретації результатів дослідження (бажано, щоб параметр мав зрозумілий сенс).

- зміна функціонального стану приймалась як зміна працеспроможності в зосередженості уваги, активізації необхідних психічних процесів, рухів, емоційного стану [102].

На підставі зазначених вимог та принципів була розроблена методика експериментального дослідження впливу параметрів світлового середовища на працеспроможність оператора. На рис. 3.1 наведений нами розроблений алгоритм методики проведення досліджень.



Рис. 3.1 Алгоритм методики проведення досліджень по визначенню працеспроможності операторів

Відтворення змісту роботи оператора в експериментальному приміщенні здійснювалась в двох експериментальних приміщеннях. План організації робочих місць представлено на рис. 3.2. Висота приміщення 2,7 м. Висота робочої поверхні 0,85 м.

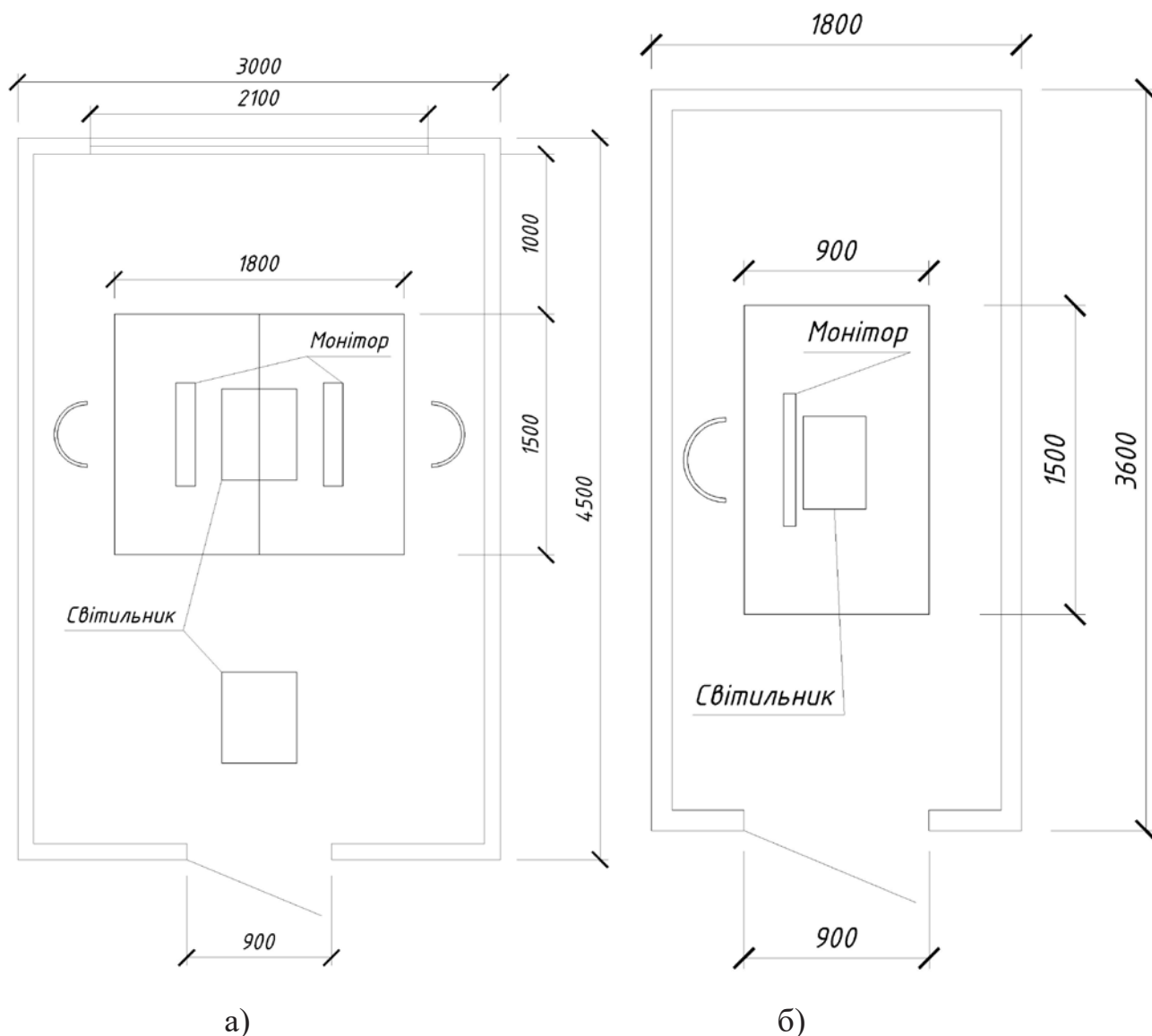


Рис. 3.2 План робочих місць в експериментальному приміщенні

Експериментальне приміщення а) зі світлопрорізом $2,1 \times 1,5$ м, розмірами в плані $3 \times 4,5$ м використовувалось для визначення показників працеспроможності за параметрами СС для природного, суміщеного та штучного джерел освітлення.

Експериментальне приміщення б) без світлопрорізів, розмірами в плані $1,8 \times 3,6$ м, використовувалось для визначення параметрів працеспроможності за параметрами СС тільки для штучного освітлення.

Дослідження умов праці з урахуванням напруженості трудового процесу проводили при різних варіантах світлового середовища в експериментальному приміщенні. Необхідно було визначити діапазон рівнів освітленості та колірної температури при максимальній працеспроможності оператора та його функціонального стану на робочому місці з урахуванням впливу пори року. Обрано час проведення експерименту – з вересня по квітень, коли люди схильні до сезонної депресії.

Формування експериментальної групи операторів. На основі аналізу психофізіологічного та біологічного впливу різних джерел освітлення на функціональний стан працівника обрано експериментальну групу, чоловіків і жінок. Вікові зміни зорового сприйняття оточуючого середовища враховано згідно з віком працездатного населення від 20 до 65 років при підборі групи та відтворення реальної картини надійності (безпомилковості) прийняття рішень.

Формування СС в оптимальних мікрокліматичних умовах приміщення. Умови початку проведення експерименту: мінімальний рівень освітленості загального освітлення приміщення 100 лк, мінімальна температура $t_{\min}=+18^{\circ}\text{C}$, вологість $w_{\min}=40\%$. Перед початком експерименту вимірювався рівень загальної освітленості приміщення $E_{\text{заг}}$, мікрокліматичні умови t , w , рівень напруги в мережі U, V . Освітлювальні прилади вмикались за не менше ніж за 5 хвилин до початку експерименту для отримання стійкого світлового потоку. Мінливість природного освітлення враховано терміном проведення тестування і прийнято 15 хвилин згідно аналізу опублікованих досліджень зорової працеспроможності, де в цей період освітлення вважається стаціонарним. Пряма та відбита блискавість відсутня. Огороджувальні поверхні світлих тонів з коефіцієнтами відбиття стелі $\rho = 0,8$ (побілена поверхня), стіни $\rho = 0,56$ (світлого кольору), підлоги $\rho = 0,3$ (світлий лінолеум). У приміщенні розташовуються робочі столи з коефіцієнтом відбиття $\rho = 0,45$, інше обладнання відсутнє.

Світловий проріз орієнтований на північний захід, заповнений віконним металопластиковим блоком з коефіцієнтами $\tau_1=0,8$, $\tau_2=0,99$. Висота підвіконня 1м. Світловий проріз не затінений протилежними будинками. Вертикальні жалюзі корегують рівень природного освітлення шляхом затінення зовнішнього освітлення.

У якості суміщеного та штучного освітлення використовували ОУ з лампами ЛЛ PHILIPS TL-D 18W/54-765 та СД 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 отримання складової штучної освітленості робочого місця, використовували математичну модель з програмним забезпеченням DIALux, графічний розподіл яких представлено на рис. 3.3 – 3.11.

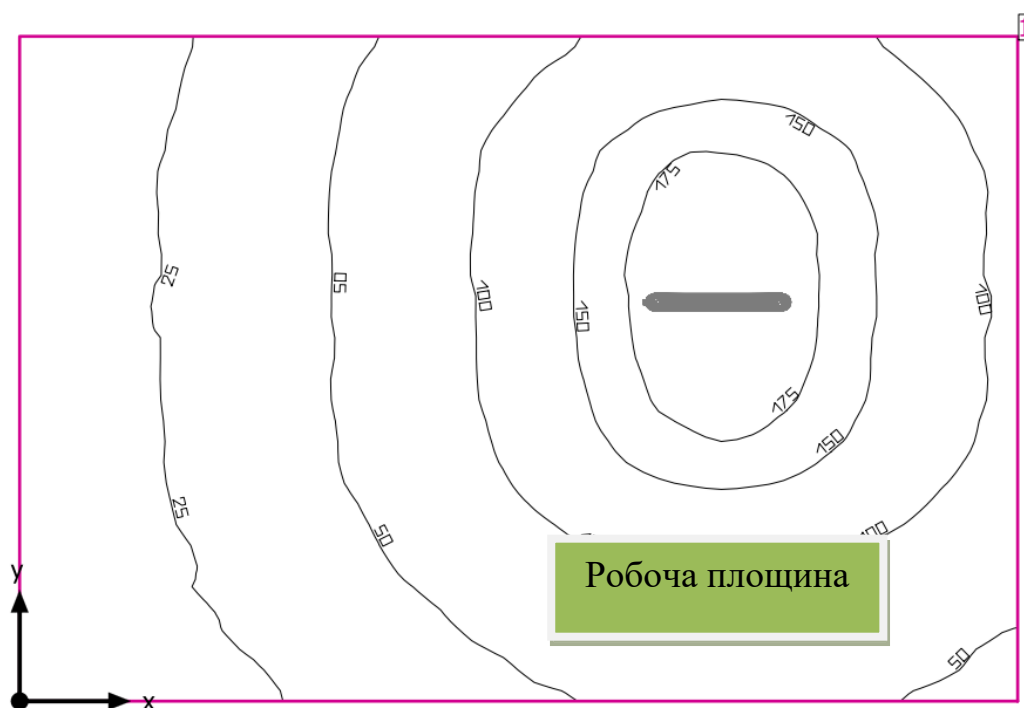


Рис. 3.3 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 100 лк при вмиканні однієї лампи.

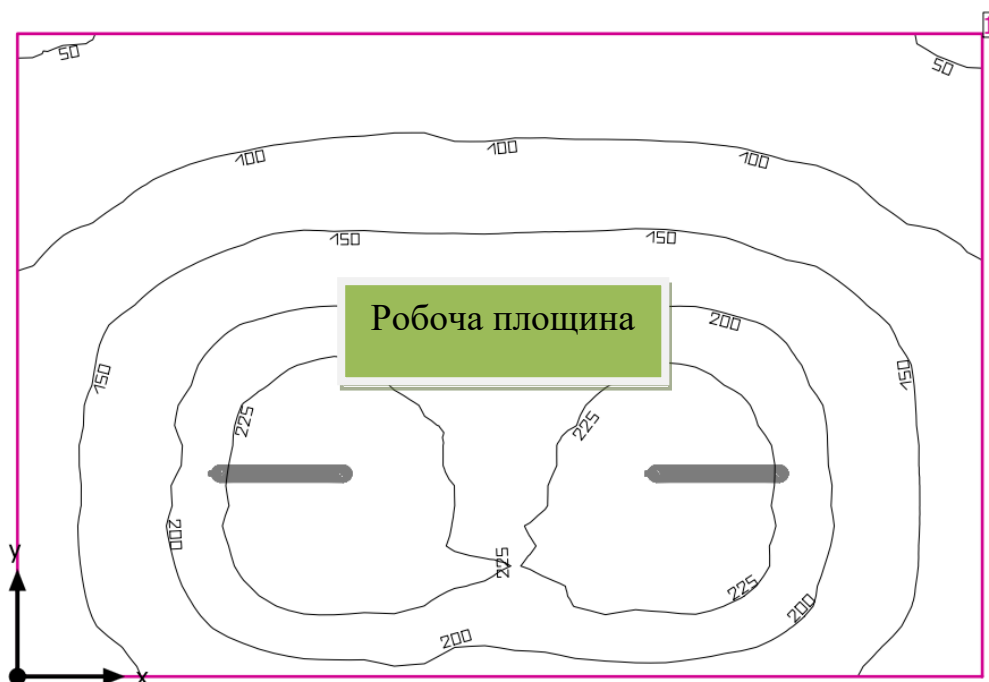


Рис. 3.4 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 200 лк при вмиканні двох ламп.

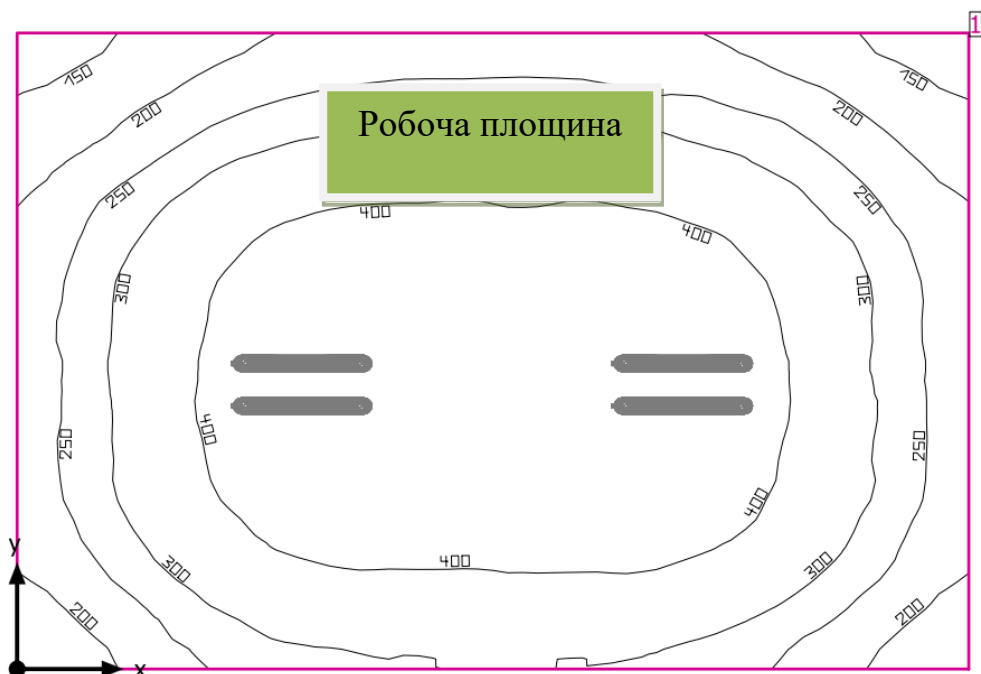


Рис. 3.5 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 300 лк при вмиканні чотирьох ламп.

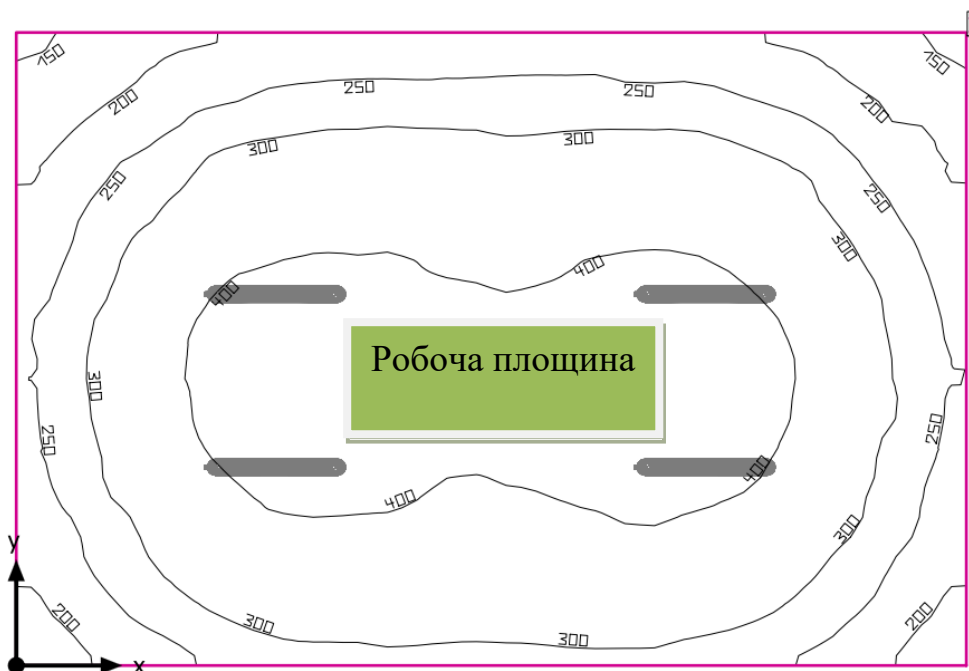


Рис. 3.6 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 400 лк при вмиканні чотирьох ламп.

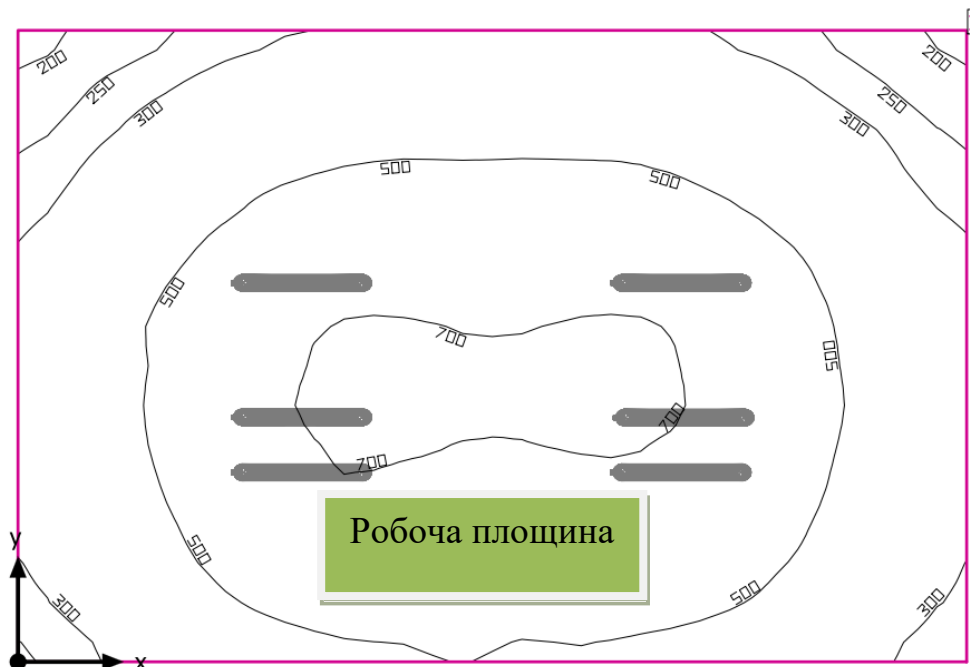


Рис. 3.7 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 500 лк при вмиканні шести ламп.

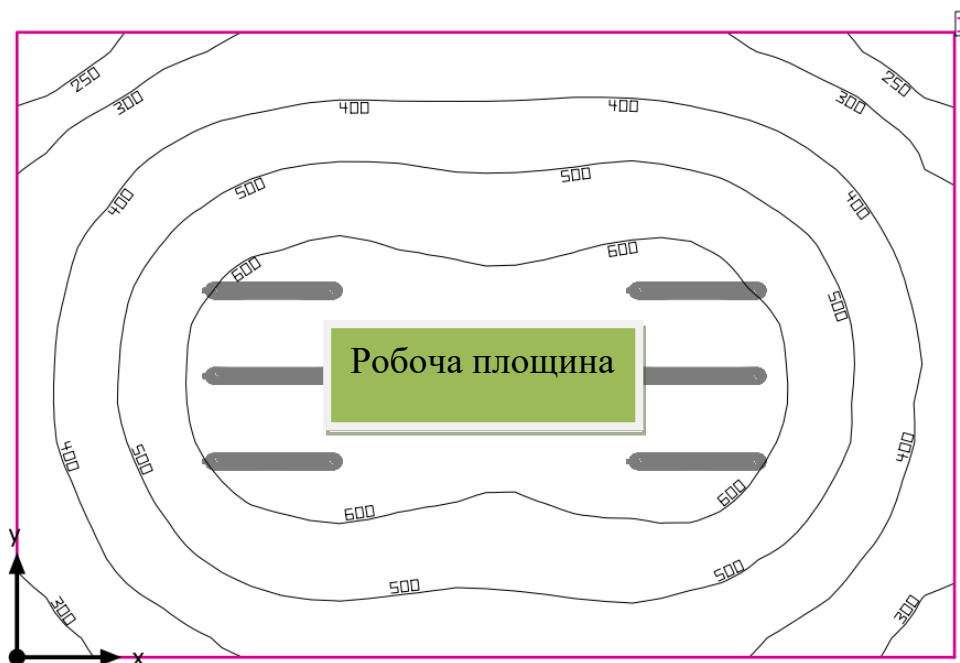


Рис. 3.8 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 600 лк при вмиканні шести ламп.

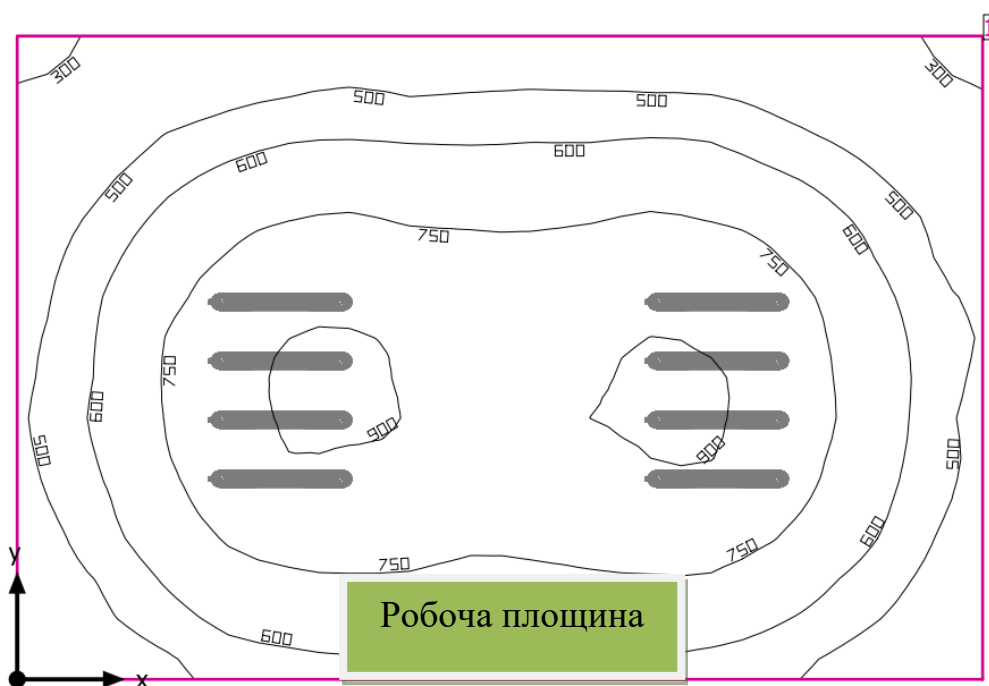


Рис. 3.9 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 700 лк (розташування на відстані) і 800 лк (розташування під світильником) при вмиканні восьми ламп.

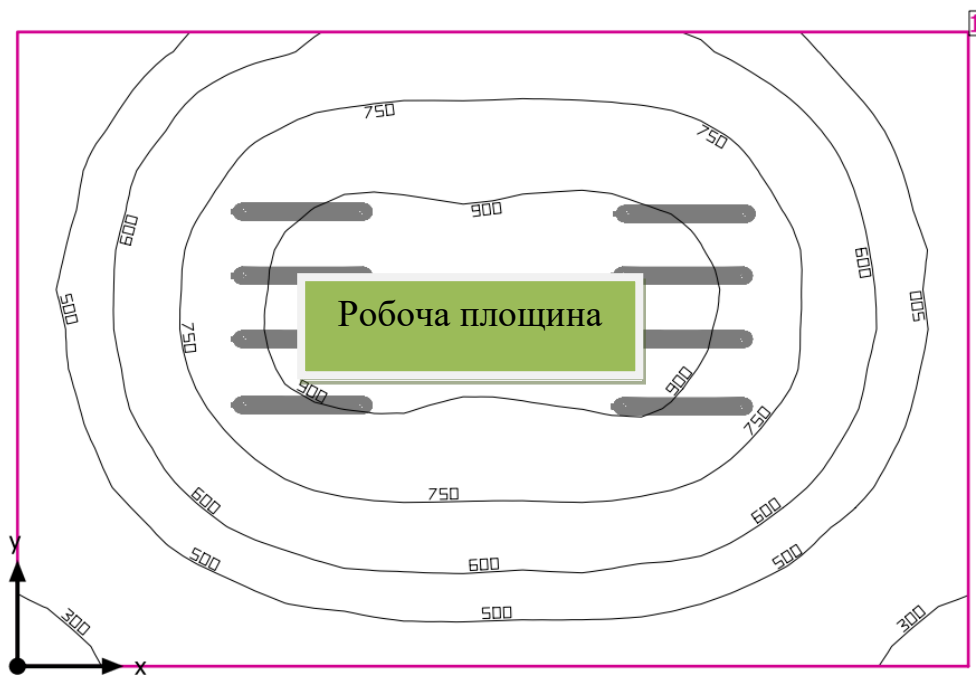


Рис. 3.10 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 900 лк при вмиканні восьми ламп.

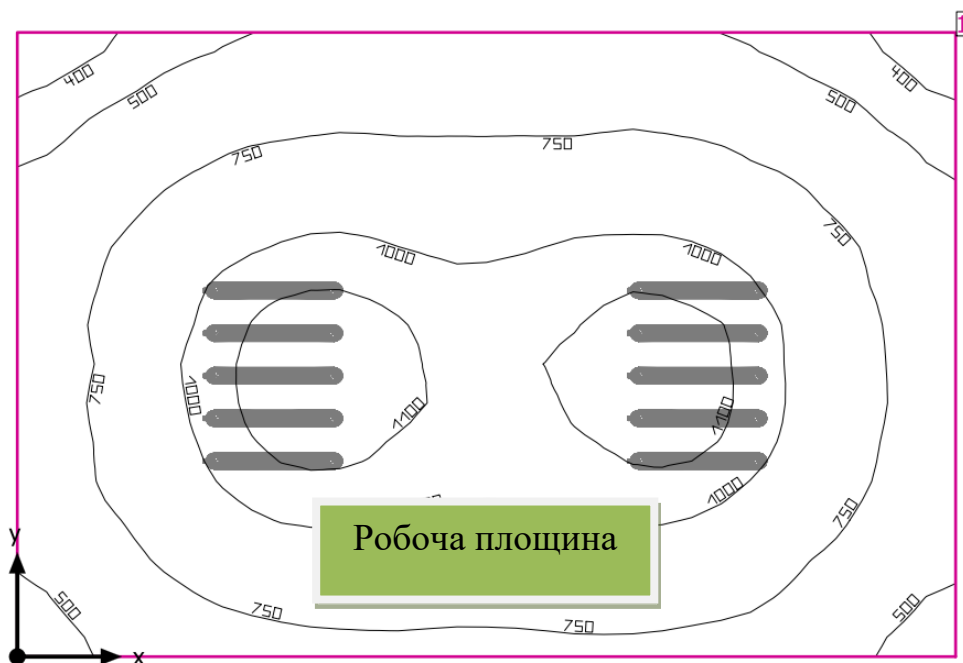


Рис. 3.11 Графічний розподіл освітлення в експериментальному приміщенні та розміщення РП із забезпеченням рівня освітленості 1000 лк при вмиканні десяти ламп.

Перед проведенням вимірів світлового середовища були визначені наступні дані: тип світильників; параметри його розміщення; стан світильників (забруднення, укомплектованість відбивачами, решітками, розсіювачами, ущільнювачами і т.д.); тип ламп (для оцінки відповідності вимогам норм, розрахунку фактичного значення освітленості).

З метою контролю дотримання робочих умов експлуатації засобів вимірювань безпосередньо перед експериментом визначались точки вимірювання на робочому місці, проводилась підготовка засобів вимірювань відповідно до експлуатаційної документації, вимірювались температура і відносна вологість повітря в приміщенні.

Під час експерименту також визначались показники мікроклімату в приміщенні: температура, відносна вологість згідно [101]. Час проведення експерименту з 10³⁰ до 12³⁰ і з 14³⁰ до 16³⁰ обрано за відомим розподілом [101] працеспроможності протягом доби.

3.2 Проведення експерименту

3.2.1 Тестування функціонального стану оператора

Тестування працеспроможності. Дослідження умов праці за фактором освітлення проводилося за тестами Бурдона, та Тулуз-П'єрона, які дозволяють виявити обсяг, концентрацію, стійкість і переключення уваги, зорового сприйняття простору, а також швидкість переробки інформації оператора. Визначено, що зміст роботи оператора включає роботу з інформацією як на моніторі, так і на паперовому носії. Тому дослідження працеспроможності проводилось в 2-х варіантах.

Перший варіант. Робота виконувалась за тестами Бурдона на паперовому носії. На білому папері формату А3 розташовані чорні знаки, розміром 14 pt. Це дозволило коректно порівняти визначену продуктивність праці з відомими дослідженнями, прийнятими за основу нормування освітлення робочих місць [54].

Тест складається з 30 рядків різних за комбінацією фігур (всього 2430 знаків). Завдання полягало у знаходженні фігури певної форми, яка розміщувалась на тесті зверху кожного стовпчика та визначенні їх кількості. На роботу відводилось 900секунд (15 хв.). Цей період часу попередньо визначений шляхом повільного скорочення часу виконання завдання з 30 до 15 секунд для кожного стовпчика. Це дозволило в кінці роботи над тестом визначити профіль швидкості роботи протягом запропонованого дозованого навантаження. Якщо завдання виконувалось швидше, фіксувався час виконання тесту. Приклад тесту представлено на рис. 3.12.

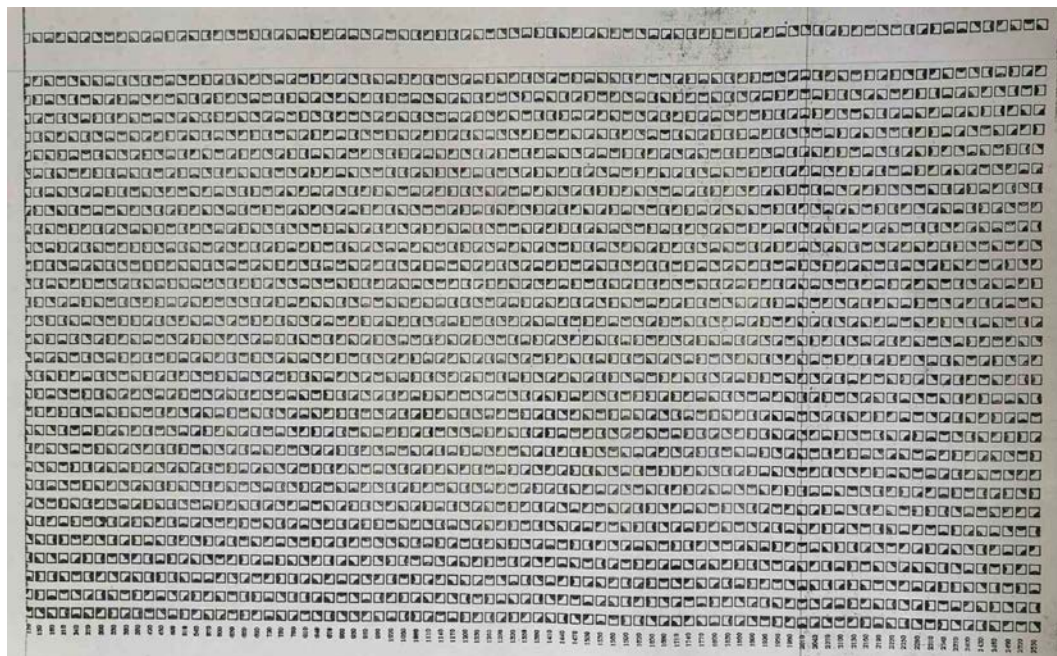


Рис. 3.12 Тест Бурдона

Другий варіант. Робота виконувалась за тестами Тулуз-П'єрона на моніторі [102], які відображають одночасну роботу оператора з 3-ма змінними даними. Тест складається з 30 рядків різних за комбінацією фігур (всього 1800 знаків). Завдання полягало у знаходженні 3-х фігур певної форми. Їх треба було позначити їх як закреслені, інші – як підкреслені. Час виконання завдання фіксувався після завершення тестування. Розмір екрану 15", відносна яскравість екрану стандартна, складає 60–80 лк. Приклад тесту представлено на рис. 3.13.

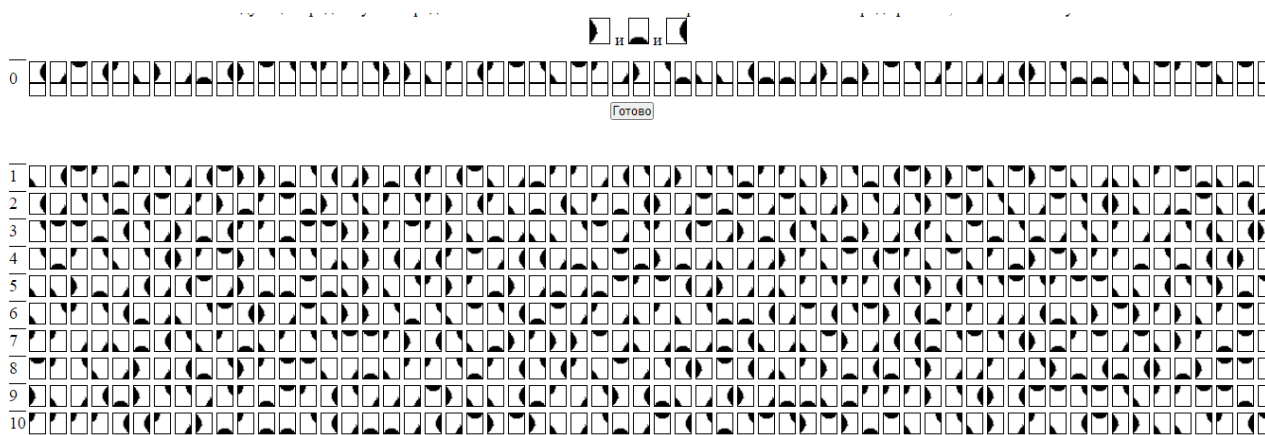


Рис. 3.13 Тест Тулуз-П'єрона

Експериментальні дослідження полягають у оцінці працездатності та втоми людей в рівнях освітленості та значень колірної температури, які виконували дозовану зорову та роботу коректурного типу у системах природного, суміщеного та штучного освітлення ЛЛ та СД лампами.

Враховуючи багатофакторність дослідження, визначення параметрів світлового середовища під час тестування, експеримент розподілено на наступні етапи:

I етап – дослідження працездатності за параметрами природного мінливого освітлення, як найбільш сприятливого для функціонального стану працівника. Приклад проведення експерименту представлено на рис. 3.14.

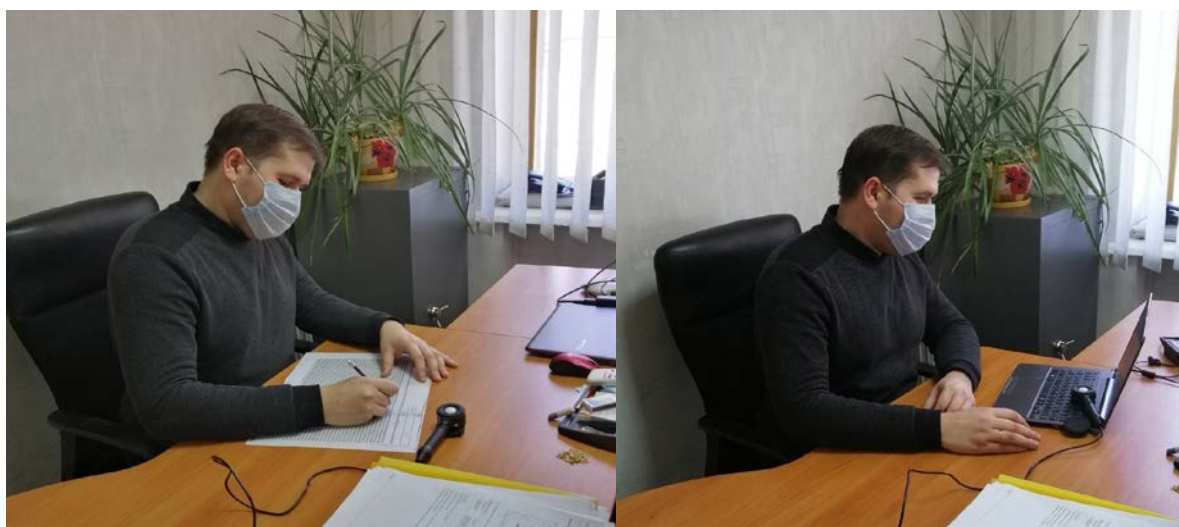


Рис. 3.14 Проведення експерименту при природному освітленні.

II етап – дослідження працеспроможності за параметрами суміщеного освітлення ЛЛ та СД лампами на робочих місцях в експериментальному приміщенні. Приклад проведення експерименту другого етапу представлено на рис. 3.15.



Рис. 3.15 Проведення експерименту при суміщеному освітленні.

III етап – дослідження працеспроможності за параметрами штучного освітлення ЛЛ та СД лампами. Приклад проведення експерименту третього етапу представлено на рис. 3.16.



Рис. 3.16 Проведення експерименту при штучному освітленні.

В обох тестах визначались показники, які представлені в табл. 3.1, а формули для їх визначення в табл. 3.2. Під час тестування вимірювався рівень освітленості робочої поверхні та колірна температура. Всі виміри заносились в протокол (Додаток В).

Таблиця 3.1

Показники працеспроможності оператора

№ п/п	Показник працеспроможності	Характеристика показника працеспроможності
1	Швидкість сприйняття і переробки інформації S	Визначає пропускну здатність зорового аналізатора в умовах дефіциту часу
2	Коефіцієнт продуктивності праці (показник безпомилковості) K_{Π}	Визначає правильність виконання завдання в умовах дефіциту часу.
3	Обсяг виконання завдання K_O	Визначає відсоткову частку виконаного завдання із загального обсягу роботи.
4	Коефіцієнт точності виконання завдання K_T	Характеризує безпомилковість вирішення оператором завдання.
5	Коефіцієнт швидкості прийняття рішення V_O	Визначає обсяг завдання в умовах дефіциту часу.
6	Коефіцієнт швидкості безпомилкової обробки інформації K_V	Визначає швидкість безпомилкового виконання завдання.
7	Показник безпеки праці P_{bi}	Комплексна оцінка напруженості праці за визначеними показниками в реальному СС

Показник безпеки праці визначаємо як імовірність безвідмовної (безпомилкової) роботи. Згідно досліджень надійності операторів [103, 104], функція зв'язку може бути записана у загальному вигляді:

$$R_S(t) = \psi \cdot [R_1(t), R_2(t), \dots, R_M(t)], \quad (3.1)$$

де $R_i(t)$ – визначені показники працеспроможності;

Ψ – функція зв'язку показника безпомилкової роботи оператора;

M – кількість показників.

Аналітичні показники працеспроможності оператора

№ п/п	Показник працеспроможності	Формули для розрахунків показників працеспроможності	Складові формули
1	Швидкість сприйняття і переробки інформації S	$S = \frac{0,5436 \cdot N - 2,807 \cdot n}{T}$	N – кількість переглянутих знаків, шт.; n – кількість помилок, шт.; T – час виконання завдання.
2	Коефіцієнт продуктивності праці (показник безпомилковості) K_{II}	$K_{II} = \frac{N - n}{T}$	N - кількість простежених знаків, шт.; n - кількість помилок, шт.; T - час виконання завдання, с.
3	Обсяг виконання завдання K_O	$K_O = \frac{N}{K} \cdot 100\%$	N - кількість простежених знаків, шт.; K - загальна кількість знаків, шт.
4	Коефіцієнт точності виконання завдання K_T	$K_T = \frac{N - n}{N}$	N - кількість простежених знаків, шт.; n - кількість помилок, шт.
5	Коефіцієнт швидкості прийняття рішення V_O	$V_O = \frac{N}{T}$	N - кількість простежених знаків, шт.; T - час виконання завдання, с.
6	Коефіцієнт швидкості безпомилкової обробки інформації K_V	$K_V = \frac{N - n}{K}$	N - кількість простежених знаків, шт.; n - кількість помилок, шт. K - загальна кількість знаків, шт.
7	Показник безпеки праці P_{bi}	$P_{bi} \left\{ S^{\max}; K_{II}^{\max}; K_O^{\max}; K_T^{\max}; V_O^{\max}; K_V^{\max} \right\}$	Параметри СС, які визначені експериментом при максимальних показниках 1-6.

3.2.2 Вимірювання показників світлового середовища

Процес вимірювання освітленості робочої поверхні E_{rp} та колірної температури T_k на робочих місцях, розташованих в приміщеннях будівель і споруд, базується на вимогах чинного законодавства [14, 53]. Виміри показників здійснювалися приладом Chroma Lightmeter ST520 який представлено на рис. 3.17, а діапазон застосування у табл. 3.4.

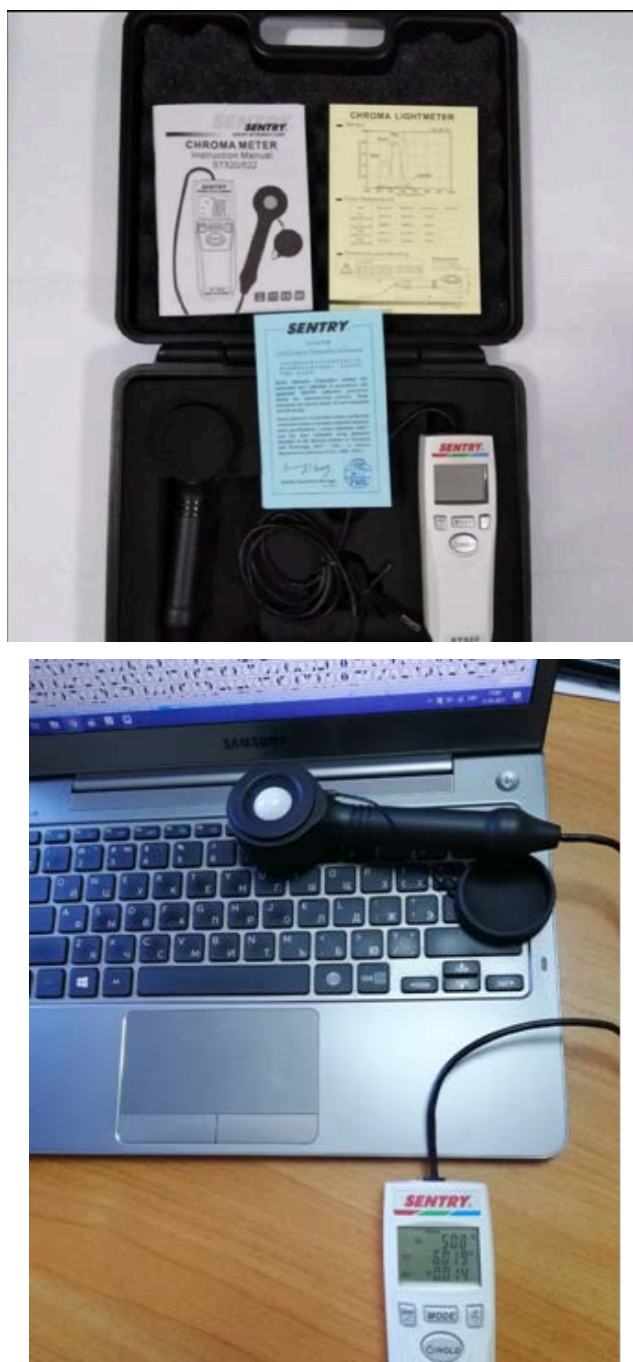


Рис. 3.17 Вигляд та застосування приладу Chroma Lightmeter ST520.

Функції приладу Chroma Lightmeter ST520

Функції вимірів	Освітленість: E_v , лк Координати колірності (x, y) (u^1, v^1) Кореляційна колірна температура $CT, \Delta uv$
Межа вимірів	E_v : 0~80000 lx CT : 99990 К максимальна
Час виміру	1 секунда
Точність виміру 25 ⁰ С 60 %	E_v : $\pm (3 \% + 2 \text{ Digital})$ x, y : $\pm 0,02$ (100 лк)
Температурні коливання	E_v : $(5 \% + 2 \text{ Digital}) + 2$ одиниці x, y : $\pm 0,008$ (100 лк, RGB LED light)
Зміна вологості	E_v : $(3 \% + 2 \text{ Digital})$ x, y : $\pm 0,005$
Температурний діапазон вимірювань	(від 0 °С до 50 °С)

Вимірювання проводилося в період експерименту, оцінки тривалістю T_0 що складається з інтервалів часу (m) з наступними властивостями:

- виконання на робочому місці зорових робіт (виконання завдання за тестами прийнято $T \approx 900$ с);

- тривалість характерних часових інтервалів між тестуванням за період листопад-квітень встановлено в результатів аналізу виробничої діяльності працівника на робочому місці та часу проведення експерименту. Кількість вимірів показників не менше 4 протягом проведення експерименту.

Діапазон вимірювань освітленості від 100 до 1000 лк; межі допустимої відносної похибки вимірювань освітленості не більше 3 % + 2 одиниці.

Вимірювання температури повітря у приміщенні проводили цифровим термогігрометром ET-931 FLUS з наступними метрологічними характеристиками: діапазон вимірювань температури від -20 °С до +50 °С; точність виміру температури ± 1 °С, діапазон вимірювань вологості від 0 до 100 %; точність виміру вологості ± 3 %.

Напругу в електричній мережі яка живить освітлювальні установки, вимірювали приладом Multimeter Digital DT-832, з наступними метрологічними характеристиками: діапазон вимірювань напруги від 5 до 1000 В;

До початку вимірювань показників СС на робочій поверхні джерела штучного освітлення вмикаємо, контролюємо напругу в електричній мережі живлення освітлювальних установок вольтметром.

Проводимо аналіз результатів вимірювань напруги в електричній мережі, перед початком вимірювань освітленості та колірної температури $U_{ln,m}$ і після закінчення вимірів $U_{lk,m}$. У разі виявленого відхилення значення напруги в мережі більш (менш) 5 % від номінального значення, встановленого для даної електричної мережі, яка живить освітлювальні установки, отриманий результат одиничного вимірювання освітленості вилучаємо, і виконуємо одиничне вимірювання освітленості робочої поверхні та колірної температури заново.

Результат параметрів вимірювань основних параметрів СС - освітленості робочої поверхні та колірної температури X_m за часовий інтервал, розраховуємо за формулою 3.2:

$$X_m = \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,m}}{n}, \quad (3.2)$$

де n – задане число одиничних вимірів;

$X_{i,m}$ – результат i -ого одиничного вимірювання на робочій поверхні, отриманий в тимчасовому інтервалі з порядковим номером m .

Точки вимірювань вищезначених параметрів СС визначено безпосередньо на робочій поверхні виконання тестового завдання без нестационарного затінення світлового потоку світлових прорізів та штучних джерел освітлення. Протягом тестування контролювалась незмінність розташування засобу вимірів.

3.3 Обробка результатів

3.3.1 Обробка результатів вимірювань показників СС

Результати вимірювань освітленості робочої поверхні за відповідний встановлений часовий інтервал T_m , при впливі світлового середовища для нормативної тривалості T_0 здійснюється згідно [12].

Показники невизначеності результатів вимірювань за встановлений часовий інтервал T_m оцінюються при кожному конкретному вимірі згідно з оцінюванням невизначеності результатів вимірів. При цьому значення розширеної невизначеності при рівні довіри $p = 95\%$ не повинні перевищувати значень допустимої (цільової) невизначеності вимірювань, $U_{target}=10\%$. Ці значення встановлені з урахуванням похибки вимірювального приладу не більше $3\% + 2$ одиниці. Рівні освітленості та колірної температури вимірюємо на кожному робочому місці учасників експерименту.

Оцінювання точності вимірювань проводимо шляхом розрахунку розширеної невизначеності результату вимірювань згідно [105] за формулами, наведеними у табл. 3.5 у наступній послідовності:

- 1) розраховуємо стандартну невизначеність типу A , лк, K ;
- 2) встановлюємо відносне значення стандартної невизначеності приладу вимірювань, %;
- 3) розраховуємо стандартну невизначеність типу B , лк, K ;
- 4) розраховуємо сумарну стандартну невизначеність, лк, K ;
- 5) встановлюємо коефіцієнт k із застосуванням формули Уелча-Саттертудейта для рівня довіри 95 %:
- 6) розраховуємо розширену невизначеність, лк, K ;
- 7) розраховуємо відносну розширену невизначеність, %;

Репрезентативність виміряних показників визначаємо шляхом порівняння значення відносної розширеної невизначеності із значенням допустимої (цільової)

відносної невизначеності вимірювань не більше $U_{target} = 10\%$. Якщо умова не виконується, результати вимірювання бракуємо.

Таблиця 3.5

Формули для оцінювання точності вимірів

№ п/п	Формули для розрахунків точності вимірів	Складові формули
1	$u_A = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n(n-1)}$	E_i – вимірний рівень освітленості, колірної температури; \bar{E} – середнє значення вимірних рівнів; n – число одиничних вимірювань в умовах повторюваності, $n = 4$.
2	$u_\epsilon = \frac{\delta_\epsilon}{1,732}$	δ_ϵ – значення симетричної межі яка допускається відносно похибки виміру освітлення, %
3	$u_B = 0,01 \cdot u_\epsilon \cdot \bar{E}$	u_ϵ – відносне значення стандартної невизначеності, %
4	$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$	u_A, u_B – стандартні невизначеності відносно по типу А і Б
5	$v_{eff} = \frac{u_c^2}{\sum_{i=1}^n \frac{u_{i(E)}^4}{n-1}}$	Приймаємо число ступеню свободи 100, за таблицею [104], визначаємо k
6		$U = k \cdot u_c$
		$U_{відн} = \frac{U}{\bar{E}} \cdot 100$

Результати обробки вимірів освітленості E_i та колірної температури T_i за математичною моделлю, наведеною в табл. 3.5, заносимо в табл. 3.6 та табл. 3.7 відповідно. Не враховуємо результати вимірів, якщо під час тестування датчик приладу вимірювань зрушено з визначеної точки, коливання напруги електричної мережі більше 5% або показники температури і вологості повітря не відповідають вимогам оптимальних умов праці згідно [12, 101].

Таблиця 3.6

Оцінка точності вимірів з рівнем довіри 95%

№ р/м	Вимірні дані освітленості, лк				\bar{E}	Невизначеність			v_{eff}	U	U _{відп} ≤ 10 %	Результат $\bar{E} \pm U$, лк
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄		u _A	u _B	u _C				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	98	105	102	97	100,5	1,84	1,74	2,53	5,96	5,02	5,00	100,5±5,02
2	101	99	95	106	100,25	2,30	1,73	2,89	5,60	5,73	5,71	100,25±5,73
3	100	96	106	98	100	2,16	1,73	2,77	5,75	5,50	5,50	100±5,50
4	97	102	103	95	99,25	1,93	1,72	2,59	5,97	5,14	5,18	99,25±5,14
5	93	104	98	101	99	2,35	1,71	2,91	5,51	5,77	5,82	99±5,77
6	95	109	101	103	102	2,89	1,76	3,38	4,93	6,70	6,57	102±6,70
1	206	198	204	195	200,75	2,56	3,47	4,31	5,51	8,55	4,26	200,75±8,55
2	209	197	195	201	200,5	3,10	3,47	4,65	5,91	9,22	4,60	200,5±9,22
3	201	194	198	204	199,25	2,14	3,45	4,06	5,01	8,05	4,04	199,25±8,05
4	198	203	197	206	201	2,12	3,48	4,07	4,93	8,07	4,01	201±8,07
5	201	203	198	196	199,5	1,55	3,45	3,78	4,15	7,50	3,76	199,5±7,50
6	205	201	195	198	199,75	2,14	3,46	4,07	5,01	8,07	4,04	199,75±8,07
1	302	305	297	295	299,75	2,89	5,19	5,94	4,70	11,78	3,93	299,75±11,78
2	306	301	297	299	300,75	1,93	5,20	5,55	3,82	11,01	3,66	300,75±11,01
3	298	306	302	300	301,5	1,71	5,22	5,49	3,63	10,89	3,61	301,5±10,89
4	301	303	300	297	300,25	1,25	5,19	5,34	3,35	10,59	3,53	300,25±10,59
5	291	298	306	302	299,25	3,20	5,18	6,09	5,00	12,08	4,04	299,25±12,08
6	299	304	290	310	300,75	4,24	5,20	6,71	5,77	13,31	4,43	300,75±13,31
1	393	397	406	405	400,25	3,68	6,92	7,84	4,58	15,55	3,89	400,25±15,55
2	398	406	408	395	401,75	3,12	6,95	7,62	4,17	15,11	3,76	401,75±15,11
3	403	402	397	394	399	2,12	6,90	7,22	3,56	14,32	3,59	399±14,32

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	396	398	407	402	400,75	2,38	6,93	7,33	3,70	14,54	3,63	400,75±14,54
5	401	395	402	394	398	2,04	6,89	7,19	3,53	14,26	3,58	398±14,26
6	400	403	398	399	400	2,07	6,93	7,25	3,57	14,32	3,61	400±14,32
1	490	498	504	506	499,5	3,59	8,64	9,36	4,01	18,57	3,72	499,5±18,57
2	496	499	500	502	499,25	1,25	8,64	8,73	3,13	17,32	3,47	499,25±17,32
3	498	503	505	500	501,5	1,55	8,68	8,82	3,20	17,50	3,49	501,5±17,50
4	496	499	502	505	500,5	1,94	8,66	8,87	3,29	17,60	3,52	500,5±17,60
5	493	502	499	504	499,5	2,40	8,64	8,97	3,46	17,80	3,56	499,5±17,80
6	506	501	500	498	501,25	1,70	8,67	8,84	3,24	17,54	3,50	501,25±17,54
7	497	506	501	499	500,75	1,93	8,68	8,89	3,29	17,64	3,52	500,75±17,64
8	507	501	498	496	500,5	2,40	8,66	8,99	3,31	17,84	3,56	500,5±17,84
9	492	500	501	503	499	2,42	8,63	8,63	2,98	17,12	3,43	499±17,12
10	502	500	495	498	498,75	1,49	8,63	8,76	3,18	17,38	3,48	498,75±17,38
1	599	596	606	602	600,75	2,14	10,39	10,61	3,26	21,05	3,50	600,75±21,05
2	592	604	598	600	598,5	2,50	10,35	10,65	3,35	21,13	3,53	598,5±21,13
3	593	605	607	596	600,25	3,40	10,38	10,92	3,63	21,67	3,61	600,25±21,67
4	605	601	604	597	601,75	1,80	10,41	10,56	3,17	20,95	3,48	601,75±20,95
5	603	602	600	598	600,75	1,11	10,39	10,45	3,07	20,73	3,45	600,75±20,73
6	605	595	599	603	600,5	2,22	10,39	10,62	3,27	21,07	3,51	600,5±21,07
7	606	607	600	596	602,25	2,59	10,42	10,74	3,37	21,30	3,54	602,25±21,30
8	592	601	598	604	598,75	2,56	10,39	10,67	3,36	21,17	3,54	598,75±21,17
9	601	593	599	603	599	2,16	10,36	10,58	3,26	20,99	3,50	599±20,99
10	600	603	601	598	600,5	1,04	10,39	10,44	3,06	20,71	3,45	600,5±20,71
1	702	698	707	694	700,25	2,78	12,11	12,42	3,31	24,64	3,52	700,25±24,64
2	701	703	697	699	700	1,29	12,11	12,18	3,07	24,17	3,45	700±24,17
3	700	697	698	701	699	0,91	12,09	12,12	3,03	24,05	3,44	699±24,05

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	697	695	703	700	698,75	1,75	12,09	12,22	3,13	22,42	3,18	698,75±22,24
5	702	701	694	699	699	1,78	12,09	12,22	3,13	22,24	3,18	699±22,24
6	705	701	694	695	698,75	2,59	12,09	12,36	3,27	24,52	3,51	698,75±24,52
7	694	699	703	705	700,25	2,43	12,11	12,35	3,24	24,50	3,50	700,25±24,50
8	703	707	697	695	700,5	2,75	12,12	12,43	3,31	24,66	3,52	700,5±24,66
9	696	699	704	702	700,25	1,75	12,11	12,24	3,13	24,28	3,47	700,25±24,28
10	701	706	694	697	699,5	2,60	12,10	12,38	3,28	24,56	3,51	699,5±24,56
1	799	803	805	794	800,25	2,43	13,84	14,05	3,18	27,88	3,48	800,25±27,88
2	801	803	795	798	799,25	1,75	13,83	13,94	3,10	27,66	3,46	799,25±27,66
3	803	806	796	800	801,25	2,14	13,86	14,02	3,14	27,82	3,47	801,25±27,82
4	796	799	802	804	800,25	1,75	13,84	13,95	3,10	27,68	3,46	800,25±27,68
5	804	801	798	796	799,75	1,75	13,84	13,95	3,10	27,68	3,46	799,75±27,68
6	801	805	799	797	800,5	1,71	13,85	13,96	3,10	27,70	3,46	800,5±27,70
7	795	798	806	804	800,75	2,56	13,85	14,08	3,20	27,93	3,49	800,75±27,93
8	806	802	798	796	800,5	2,22	13,85	14,03	3,16	27,84	3,48	800,5±27,84
9	800	802	794	798	798,5	1,71	13,81	13,92	3,10	27,62	3,46	798,5±27,62
10	803	801	796	799	799,75	1,49	13,84	13,92	3,07	27,62	3,45	799,75±27,62
1	904	902	901	897	901	1,47	15,59	15,66	3,05	31,07	3,45	901±31,07
2	901	903	898	894	899	1,96	15,55	15,67	3,09	31,09	3,46	899±31,09
3	897	895	903	905	900	2,38	15,57	15,75	3,14	31,25	3,47	900±31,25
4	899	896	904	906	901,25	2,29	15,59	15,76	3,13	31,27	3,47	901,25±31,27
5	901	906	900	896	900,75	2,06	15,58	15,72	3,11	31,19	3,46	900,75±31,19
6	896	899	904	906	901,25	2,29	15,59	15,76	3,13	31,27	3,47	901,25±31,27
7	903	894	901	900	899,5	1,94	15,56	15,68	3,09	31,11	3,46	899,5±31,11
8	902	904	898	899	900,75	1,38	15,58	15,64	3,05	31,03	3,44	900,75±31,03

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	900	903	901	897	900,25	1,25	15,57	15,62	3,04	30,99	3,44	900,25±30,99
10	898	903	901	899	900,25	1,11	15,57	15,61	3,03	30,97	3,44	900,25±30,97
1	1002	997	999	1004	1000,5	1,55	17,31	17,38	3,05	34,48	3,45	1000,5±34,48
2	1001	1000	997	996	998,5	1,19	17,27	17,31	3,03	34,34	3,44	998,5±34,34
3	997	999	1004	1001	1000,25	1,49	17,30	17,36	3,04	34,44	3,44	1000,25±34,44
4	996	998	1003	1004	1000,25	1,93	17,30	17,41	3,08	34,54	3,45	1000,25±34,54
5	1005	1007	997	996	1001,25	2,78	17,32	17,54	3,15	34,80	3,48	1001,25±34,80
6	1000	998	997	1004	999,75	1,55	17,30	17,37	3,05	34,46	3,45	999,75±34,46
7	997	1002	1005	996	1000	2,12	17,30	17,43	3,09	34,58	3,46	1000±34,58
8	1004	1001	995	999	999,75	1,89	17,30	17,40	3,07	34,52	3,45	999,75±34,52
9	1001	1006	1000	998	1001,25	1,70	17,35	17,43	3,06	34,58	3,45	1001,25±34,58
10	994	999	1004	1006	1000,75	2,69	17,31	17,52	3,15	34,76	3,47	1000,75±34,76

1 – учасники експерименту, що виконують тест Бурдона при природному освітленні; 2 – учасники експерименту, що виконують тест Тулуз-П'єрона при природному освітленні; 3 – учасники експерименту, що виконують тест Бурдона при суміщеному освітленні (ЛЛ); 4 – учасники експерименту, що виконують тест Тулуз-П'єрона при суміщеному освітленні (ЛЛ); 5 - учасники експерименту, що виконують тест Бурдона при суміщеному освітленні (СД); 6 – учасники експерименту, що виконують тест Тулуз-П'єрона при суміщеному освітленні (СД); 7 – учасники експерименту, що виконують тест Бурдона при штучному освітленні (ЛЛ); 8 – учасники експерименту, що виконують тест Тулуз-П'єрона при штучному освітленні (ЛЛ); 9 – учасники експерименту, що виконують тест Бурдона при штучному освітленні (СД); 10 – учасники експерименту, що виконують тест Тулуз-П'єрона при штучному освітленні (СД).

Запропонована форма визначення характеристик невизначеності вимірювання при оцінці точності вимірів з рівнем довіри 95 % для технічних вимірювань дозволяє запобігти необґрунтовано розширеному інтервалу похибки. Нами використано поширений спосіб оцінки через трансформування невизначеностей, де розширена невизначеність розподілена за нормальним законом. Відносна розширена невизначеність коливається в діапазоні від 3,18 до 6,57 одиниць виміру, але не більше 10 %, як визначено умовами. Тому точність визначених результатів вимірів успішна.

3.3.2 Обробка результатів показників працеспроможності оператора за вимірними параметрами СС

Визначення аналітичних показників працеспроможності учасників тестування здійснювалось за рівнями освітленості різних джерел та видів ОУ, з урахуванням змісту діяльності за розробленою методикою в розділі 2. З метою виявлення значущості показників (1–6) на безпеку праці, обробка результатів проводилась по кожному показнику окремо, які наведені в табл. 3.2.

Показник 1 – швидкість сприйняття і переробки інформації визначалась за відомою методикою, розробленою ще за радянських часів, яку і зараз використовують для оцінки напруженості зорових робіт за фізіологічними показниками. Методика спрямована «на вдосконалення умов праці при виконанні напружених зорових робіт для оцінки характеру і умов роботи з метою профілактики втоми і підвищення продуктивності праці» [106]. З минулого століття змінився зміст роботи, інформаційні носії (методика розрахована на роботу тільки з паперовим носієм при штучному освітленні, 300 лк) та збільшилась швидкість інформаційного потоку.

Запропонована нами методика, яка базується на психологічних методах, дозволяє дослідити те тільки зорову напруженість, але й функціональний стан загалом в діапазоні від 100 до 1000 лк, враховуючи властивості зорового аналізатора. Кількісні значення показника *1* представлено в табл. 3.7.

Швидкість сприйняття і переробки інформації S

№ р/м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,87	1,07	1,15	1,22	1,32	1,37	1,40	1,41	1,39	1,30
2	0,24	0,32	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,67	0,65	0,64
3	0,82	0,97	1,08	1,19	1,23	1,32	1,35	1,36	1,34	1,28
4	0,09	0,23	0,34	0,41	0,44	0,45	0,47	0,50	0,52	0,57
5	0,84	1,05	1,24	1,30	1,39	1,41	1,44	1,49	1,50	1,48
6	0,32	0,40	0,45	0,52	0,64	0,75	0,78	0,78	0,77	0,76
7	-	-	-	-	0,63	0,87	1,08	1,18	1,20	1,19
8	-	-	-	-	0,09	0,25	0,37	0,39	0,39	0,38
9	-	-	-	-	0,84	1,03	1,18	1,25	1,26	1,26
10	-	-	-	-	0,21	0,32	0,39	0,42	0,42	0,41

Використовуючи результати досліджень (Додаток Б) та (табл. 3.7), отримали зміну показника I від змісту роботи та параметрів СС, який представлено на рис. 3.18.

З рис. 3.18 видно, що при тестуванні за таблицями Бурдона пропускна здатність операторів значно вища, ніж при тестуванні за тестами Тулуз-П'єрона. Аналіз показника I за тестами Бурдона показує, що найвища пропускна здатність спостерігається при суміщеному освітлені СД в діапазоні від 500–900 лк. Нижче рівня освітленості 500 лк показник I різко знижується і складає приблизно 62 % від максимального значення. Це свідчить про недостатню освітленість робочого місця. При освітленості більше 900 лк показник I має таку ж величину, що і на рівні, 500 лк, одже надлишкова освітленість, що підвищує яскравість, знижує пропускну здатність зорового аналізатора.

В цілому цей показник при суміщеному СД освітлені найвищий, тобто зорова працеспроможність підвищується при використанні такого СС і опосередковано впливає на циркадну систему працівника.

При суміщеному ЛЛ освітлені показник I не суттєво нижчий і корелюється з показниками при природному і суміщеному СД.

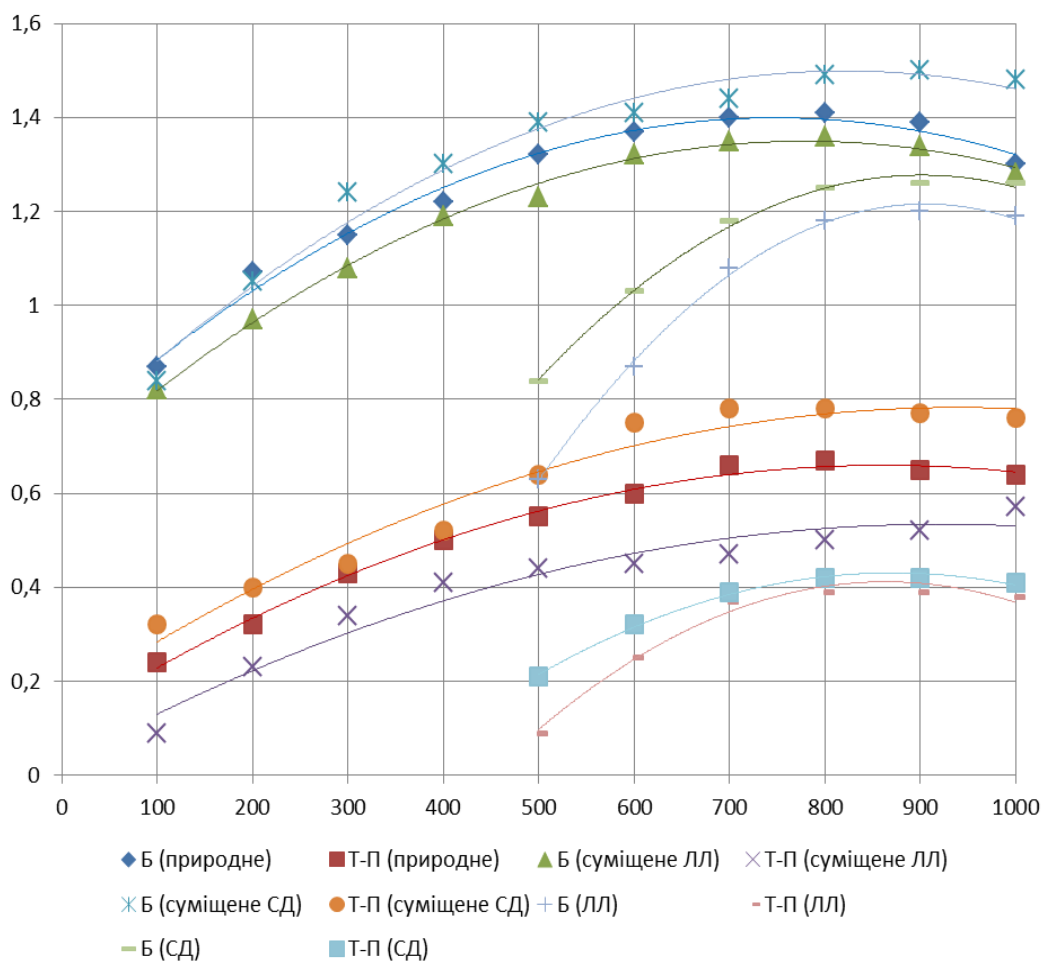


Рис. 3.18 Показник швидкості сприйняття і переробки інформації в функції освітленості робочого місця

При штучному освітленні показник I вищий з освітленням СД, але він має при рівні освітленості 500 лк приблизно ті ж самі значення, що при природному та суміщеному освітленні при рівні 100 лк. Максимальне значення показника спостерігається на рівні 800–1000 лк, що відповідає показнику при природному та суміщеному освітленні на рівні 500 лк.

Різниця між штучним освітленням СД та ЛЛ показує, що пропускна здатність вища при освітленні СД, але не суттєво (різниця складає від 5 % до 15 %).

Більший інтерес представляє аналіз цього показнику при дослідженні за тестами Тулуз-П'єрона, оскільки він більш реально відображає зміст роботи оператора (інформація з монітору) і напруженість зорового аналізатора в

сучасних умовах. Як і при тестуванні за тестами Бурдона, показник добре корелюється в рівнях освітленості різних джерел освітлення. Величина цього показника найвища при суміщеному СД освітлені, що показує вплив високих рівнів колірної температури. При природному освітлені цей показник дещо нижче, але не суттєво.

Отримані результати пропускної здатності дозволили зробити аналіз зорової процеспроможності в СС. Найвищі результати пропускної здатності при тестуванні в природному СС за тестами Бурдона. В цьому СС дослідження за тестами Тулуз-П'єрона показник I має значення приблизно в чотири рази менший. Це підтверджує наукову гіпотезу, що оператор при збільшені інформації на моніторі має нижчий показник пропускної здатності, ніж при роботі тільки на паперовому носії.

Залежність показника I апроксимовано рівнянням другого порядку. Точність апроксимації варіюється від 0,95–0,99. Результати апроксимації представлені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Апроксимація швидкості сприйняття і переробки інформації

Залежність	Апроксимація	Точність
Б (природне)	$y = -0,000001x^2 + 0,0018x + 0,7133$	0,9865
Т-П (природне)	$y = -0,0000007x^2 + 0,0013x + 0,108$	0,9939
Б (суміщене ЛЛ)	$y = -0,000001x^2 + 0,0018x + 0,6507$	0,9951
Т-П (суміщене ЛЛ)	$y = -0,0000006x^2 + 0,0011x + 0,0257$	0,954
Б (суміщене СД)	$y = -0,000001x^2 + 0,0019x + 0,6998$	0,978
Т-П (суміщене СД)	$y = -0,0000007x^2 + 0,0013x + 0,1582$	0,962
Б (ЛЛ)	$y = -0,000004x^2 + 0,0065x - 1,7229$	0,9974
Т-П (ЛЛ)	$y = -0,000002x^2 + 0,0041x - 1,36$	0,9837
Б (СД)	$y = -0,000003x^2 + 0,0049x - 0,9143$	0,9963
Т-П (СД)	$y = -0,000002x^2 + 0,0027x - 0,7614$	0,9944

Показник 2 – коефіцієнт продуктивності праці, відноситься до показників надійності оператора та безпеки праці. Як показник безпомилкової дії, визначає правильність виконання завдання в умовах дефіциту часу. Кількісні значення показника 2 представлено в табл. 3.9, а його зміна в залежності від рівня освітленості та СС на рис. 3.19.

Кількісні величини цього показника добре корелюються в рівнях освітленості, як при тестуванні за Бурдоном, так і за Тулуз-П'єроном, але при роботі з монітором величина показнику вдвічі менша, ніж при тестуванні на паперовому носії. Найвищий показник зосереджено в діапазоні від 600–1000 лк, максимальне значення якого 2,9, визначено при суміщеному СД освітлені в рівнях 800–900 лк за тестами Бурдона, за тестами Тулуз-П'єрона він складає 2,48. Аналіз результатів дослідження працеспроможності за показником 2 дає можливість визначити максимальний показник безпомилкової дії в діапазоні 800–900 лк, де зосередження уваги максимальне.

При штучному освітлені цей показник стабільно зростає від 2,52 до 2,62 в рівнях освітленості 600–1000 лк, що теж підтверджується максимальним зосередженням уваги в цьому діапазоні. Найнижчі значення в тому ж діапазоні виявлено при тестування за монітором при штучному освітленні ЛЛ.

Таблиця 3.9

Коефіцієнт продуктивності праці (показник безпомилковості) K_{II}

№ р/м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	2,30	2,40	2,50	2,56	2,60	2,67	2,72	2,77	2,80	2,78
2	0,60	0,80	0,92	1,08	1,20	1,34	1,41	1,43	1,42	1,40
3	1,88	2,12	2,42	2,54	2,62	2,66	2,68	2,70	2,70	2,68
4	0,60	0,80	0,90	1,02	1,17	1,24	1,30	1,31	1,31	1,30
5	2,00	2,38	2,62	2,70	2,80	2,85	2,89	2,90	2,89	2,88
6	0,70	0,98	1,16	1,34	1,41	1,44	1,48	1,50	1,50	1,47
7	-	-	-	-	1,98	2,26	2,34	2,48	2,47	2,47
8	-	-	-	-	0,63	0,67	0,78	0,82	0,83	0,82
9	-	-	-	-	2,38	2,52	2,59	2,62	2,63	2,62
10	-	-	-	-	0,69	0,78	0,92	0,96	0,96	0,95

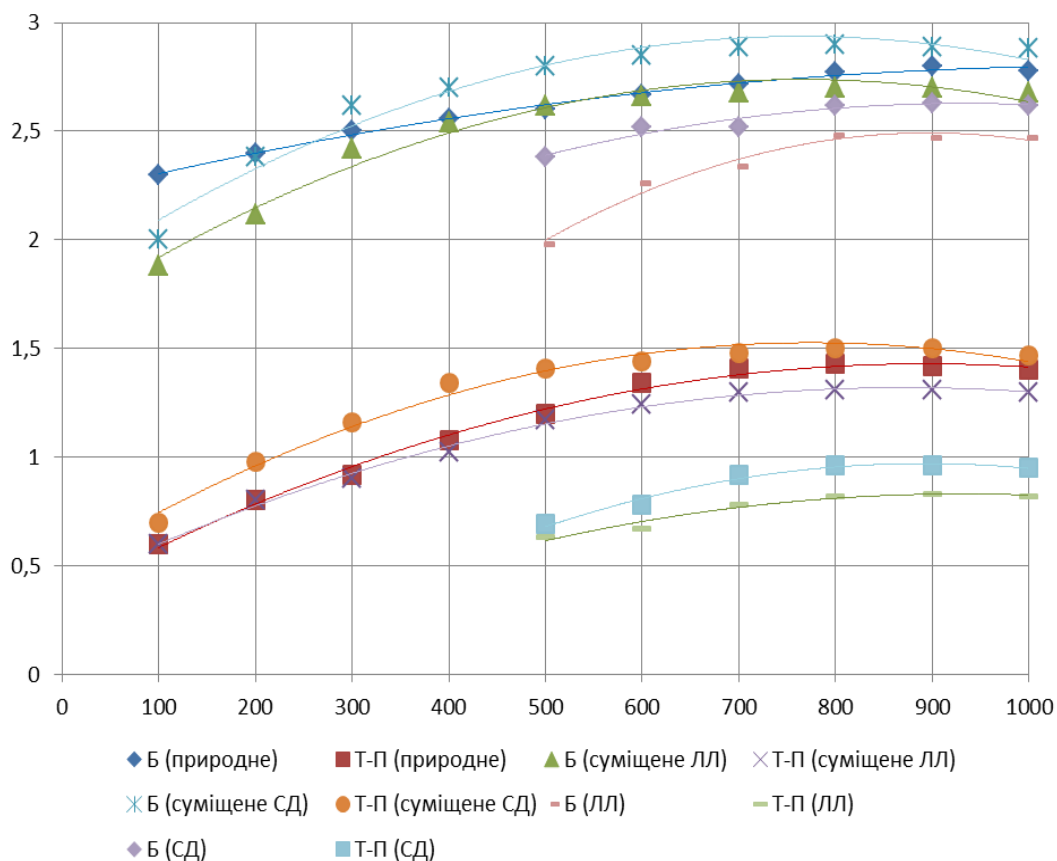


Рис. 3.19 Коефіцієнт продуктивності праці (показник безпомилковості) в функції освітленості робочого місця

Коефіцієнт продуктивності помірно зростає з рівнем освітленості при всіх варіантах тестування і джерел освітлення. Це зумовлено в більшій мірі функціональним станом, психічними індивідуальними властивостями учасників досліджень, дрібною моторикою рук, ніж пропускнуою здатністю зорового аналізатора сприймати та переробляти інформацію. Тому функція цього коефіцієнту має спокійний характер, зі стабільно високими значеннями в кожному варіанті при рівнях освітленості 700–1000 лк. Найбільше зниження цього показника виявлено при штучному СД освітленні в рівні від 700 до 100 лк та суміщеному ЛЛ.

Залежність показника 2 апроксимовано рівнянням другого порядку. Точність апроксимації варіюється від 0,94 до 0,99. Найбільшу розбіжність

результатів виявлено при штучному освітленні під час виконання тесту на паперовому носії. Результати апроксимації представлені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

**Апроксимація коефіцієнту продуктивності праці (показник
безпомилковості)**

Залежність	Апроксимація	Точність
Б (природне)	$y = -0,0000005x^2 + 0,0011x + 2,2002$	0,9937
Т-П (природне)	$y = -0,000001x^2 + 0,0024x + 0,3577$	0,9939
Б (суміщене ЛЛ)	$y = -0,000002x^2 + 0,0028x + 1,6543$	0,9749
Т-П (суміщене ЛЛ)	$y = -0,000001x^2 + 0,0021x + 0,4015$	0,9949
Б (суміщене СД)	$y = -0,000002x^2 + 0,0029x + 1,8182$	0,9648
Т-П (суміщене СД)	$y = -0,000002x^2 + 0,0027x + 0,4957$	0,9846
Б (ЛЛ)	$y = -0,000003x^2 + 0,0056x - 0,0329$	0,9781
Т-П (ЛЛ)	$y = -0,000001x^2 + 0,0022x - 0,1757$	0,9578
Б (СД)	$y = -0,000001x^2 + 0,0024x + 1,5229$	0,9376
Т-П (СД)	$y = -0,000002x^2 + 0,0034x - 0,5357$	0,9776

Показник 3 – обсяг виконання завдання, показує швидкість обробки інформації та прийняття рішення. З точки зору психології праці він залежить від рухливості нервової системи працівника більш ніж від СС. Кількісні значення показника 3 представлено в табл. 3.11, а його зміна в залежності від рівня освітленості та СС на рис. 3.20.

Визначено, що при дослідженні цього показника за тестом Бурдона його величина майже збігається для всіх видів СС в діапазоні від 500–1000 лк. В рівнях менше 500 лк ця розбіжність зростає.

При дослідженні працеспроможності за показником 3 на моніторі за тестами Тулуз-П'єрона значення майже збігаються при природному та штучному СД освітленні. Максимальне значення в діапазоні рівнів освітленості від 700–900 лк виявлено при суміщеному СД освітленні.

Обсяг виконання завдання K_o

№ р/м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	69	82	95	97	99	99	100	100	100	100
2	32	44	52	60	68	71	73	74	73	72
3	72	81	85	91	96	97	98	100	100	100
4	40	49	50	51	56	60	62	62	61	60
5	78	95	96	98	100	100	100	100	100	100
6	45	50	59	64	70	76	80	81	80	79
7	-	-	-	-	95	97	98	99,8	99,8	99,7
8	-	-	-	-	50	55	58	59	58	57
9	-	-	-	-	98	99	99,5	100	100	99
10	-	-	-	-	58	67	71	72	72	71

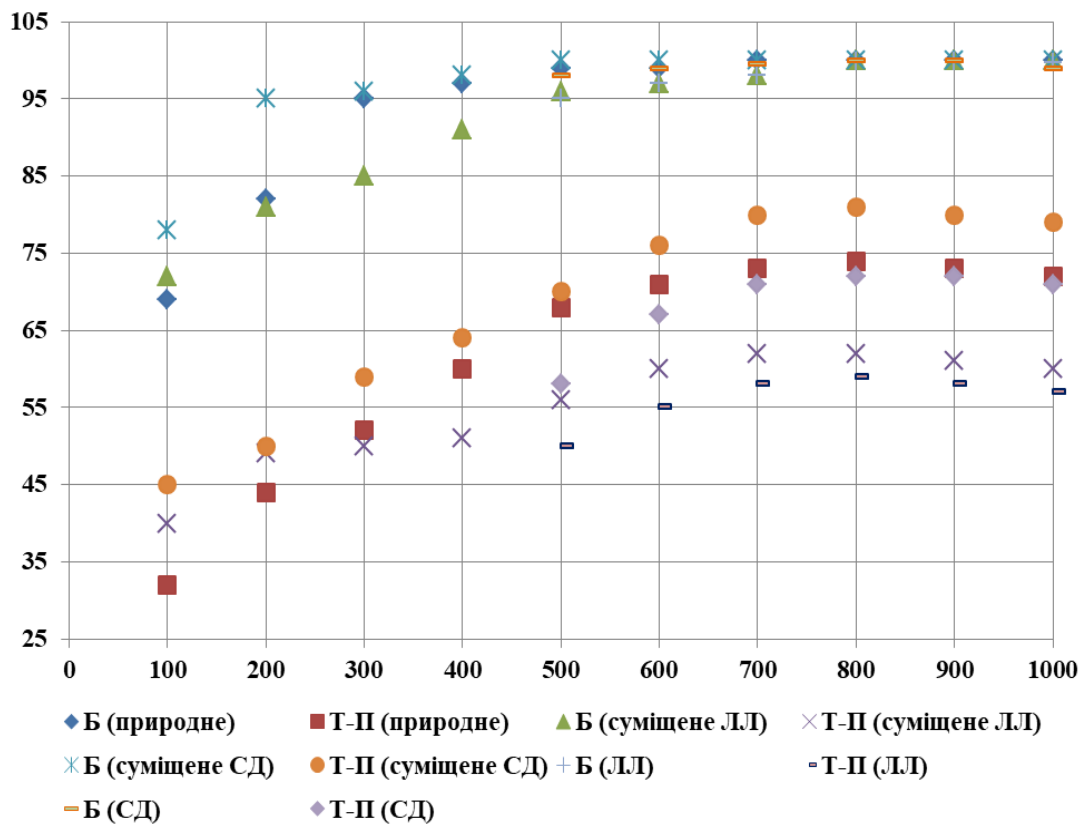


Рис. 3.20 Показник обсягу виконання завдання в функції освітленості робочого місця

Найменше значення показника 3 виявлено при суміщеному ЛЛ та повністю штучному ЛЛ освітленні, де його максимальне значення – 99,8 % при виконанні тесту Бурдона і, відповідно, 58–59 % при виконанні тесту на моніторі в діапазоні рівнів освітленості від 700–900 лк. Цей показник дає змогу зробити висновок, що швидкість виконання роботи стимулює СС в рівнях 700–900 лк. Найкраще використовувати природне освітлення з додатковим СД освітленням при неможливості забезпечити нормовані рівні освітленості 700–900 лк. Аналіз показує, що 100-й обсяг завдання виконано при природній освітленості від 700 лк. В рівнях освітленості 400–600 лк обсяг завдання виконано на 97–99 %, що теж має високі значення цього показника. 100-й обсяг виконання завдання виявлено при суміщеному СД освітленні, в рівнях більше 500 лк.

Залежність показника 3 апроксимовано рівнянням другого порядку. Точність апроксимації варіюється від 0,91–0,99. Найменша точність спостерігається при природному освітленні за тестами Бурдона оскільки мінлива освітленість більше впливає на швидкість обробки інформації, яка знаходиться на паперовому носії (змінюється яскравість), ніж на моніторі, де точність апроксимації складає 0,99. Результати апроксимації представлені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Апроксимація обсягу виконання завдання

Залежність	Апроксимація	Точність
Б (природне)	$y = -0,00008x^2 + 0,1099x + 62,8$	0,9117
Т-П (природне)	$y = -0,00005x^2 + 0,1363x + 19,483$	0,9974
Б (суміщене ЛЛ)	$y = -0,00005x^2 + 0,0834x + 65,1$	0,9905
Т-П (суміщене ЛЛ)	$y = -0,00004x^2 + 0,0615x + 35,15$	0,9515
Б (суміщене СД)	$y = -0,0000001x^3 - 0,0003x^2 + 0,1671x + 66,2$	0,916
Т-П (суміщене СД)	$y = -0,00006x^2 + 0,1045x + 33,067$	0,9886
Б (ЛЛ)	$y = -0,00003x^2 + 0,0485x + 77,186$	0,9811
Т-П (ЛЛ)	$y = -0,00008x^2 + 0,1361x + 2,7143$	0,987
Б (СД)	$y = -0,00002x^2 + 0,0346x + 86$	0,9553
Т-П (СД)	$y = -0,0001x^2 + 0,1999x - 11,714$	0,9738

Показник 4 – точність виконання завдання, що характеризує безпомилковість виконання завдання і відноситься до показників надійності роботи операторів та безпеки праці. Максимальне значення цього показника дорівнює 1 – завдання виконано без помилок. Кількісні значення показника 4 представлено в табл. 3.13, а його зміна в залежності від рівня освітленості та СС на рис. 3.21.

Таблиця 3.13

Коефіцієнт точності виконання завдання K_T

№ р/м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98
2	0,90	0,93	0,96	0,97	0,99	1	1	1	0,99	0,98
3	0,92	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,97	0,96
4	0,85	0,91	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,98
5	0,93	0,95	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
6	0,92	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	1	1	1	1
7	-	-	-	-	0,93	0,95	0,97	0,97	0,963	0,96
8	-	-	-	-	0,94	0,95	0,96	0,98	0,98	0,98
9	-	-	-	-	0,95	0,97	0,977	0,976	0,975	0,97
10	-	-	-	-	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99

Максимальні значення показника виявлено при природному та суміщеному СД освітленні при виконанні тесту Тулуз-П'єрона за монітором в рівнях освітленості більше 600 лк. Менше значення показника спостерігається при суміщеному ЛЛ та штучному ЛЛ і СД освітленні.

Високий показник виявлено не тільки при природному, але і при штучному освітленні від 500 лк (0,95–0,99), що обумовлено світловим балансом яскравості екрану монітору $L > 200 \text{ kd/m}^2$ (клас відображення інформації – А) і насиченості приміщення світлом.

Показник точності виконання завдання різко спадає при рівні освітленості 300 лк і менше. Оскільки цей рівень виходить за межі нормованої освітленості, то

його не аналізуємо. Розбіжність показнику за інформаційним носієм та СС необхідно аналізувати із вимірною величиною колірної температури спільно.

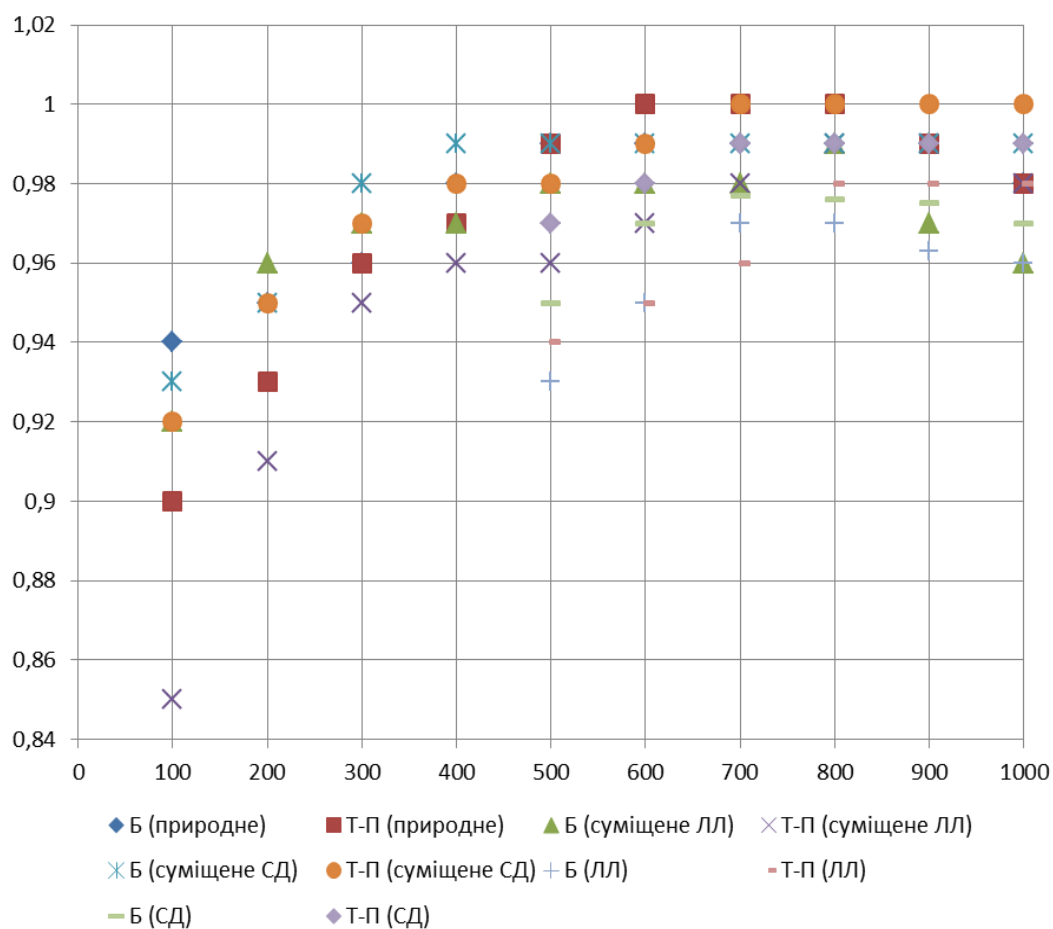


Рис. 3.21 Коефіцієнт точності виконання завдання в функції освітленості робочого місця

Показник 5 – коефіцієнт швидкості прийняття рішень, що висвітлює швидкість психічної реакції та зорової працеспроможності оператора, показує успішність роботи в умовах дефіциту часу. Найбільші величини показнику при роботі на паперовому носії визначається в природному освітленні при рівні освітленості 400 лк і більше та суміщеному СД освітленні. Значення показників майже збігаються при виконанні тесту за Бурдоном при природному, суміщеному СД і суміщеному ЛЛ освітленні. При тестуванні за Тулуз-П'єроном показники значно нижчі, ніж за Бурдоном але стабільно високі в рівнях від 600 лк за природним і суміщеним СД. Аналіз показує, що зниження цього показника

зумовлено психічними реакціями та функціональним станом працівника при роботі на моніторі.

Таблиця 3.14

Коефіцієнт швидкості прийняття рішення V_o

№ р/м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	1,90	2,50	2,67	2,70	2,72	2,75	2,82	2,90	2,89	2,88
2	0,64	0,82	0,95	1,15	1,35	1,38	1,40	1,41	1,40	1,39
3	2,10	2,30	2,50	2,60	2,70	2,76	2,78	2,89	2,90	2,89
4	0,60	0,76	0,80	0,86	0,98	0,99	1	1	1	0,98
5	2,30	2,50	2,60	2,70	2,74	2,80	2,88	2,93	2,93	2,92
6	0,60	0,80	1,05	1,18	1,36	1,42	1,47	1,51	1,50	1,48
7	-	-	-	-	2,41	2,52	2,57	2,58	2,58	2,57
8	-	-	-	-	0,90	0,92	0,93	0,95	0,95	0,94
9	-	-	-	-	2,52	2,60	2,67	2,70	2,70	2,69
10	-	-	-	-	0,92	0,95	0,97	0,98	0,98	0,97

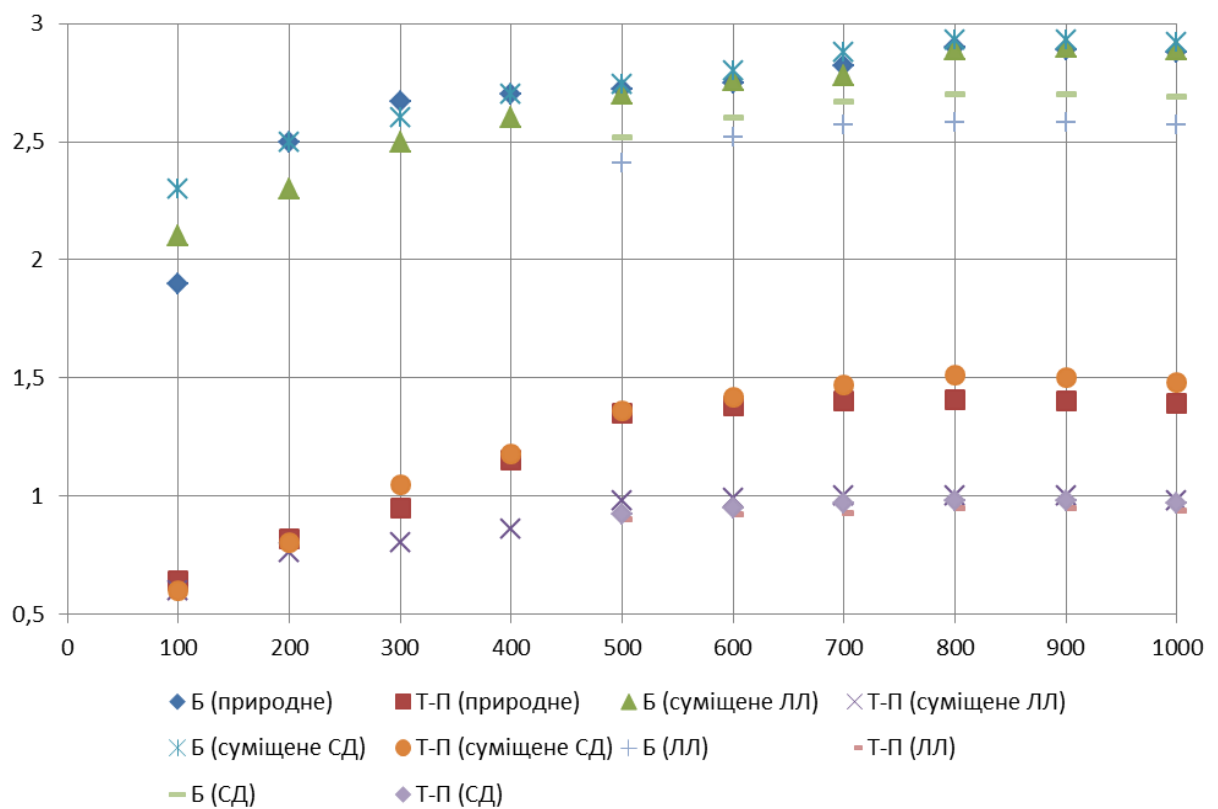


Рис. 3.22 Коефіцієнт швидкості прийняття рішень в функції освітленості робочого місця

Показник б – коефіцієнт швидкості безпомилкової обробки інформації, один із вагомих показників надійності роботи оператора який враховує як швидкість виконання завдання так і якість його виконання в умовах дефіциту часу та опосередковано відображає напруженість функціонального стану працівника. За тестами Бурдона показник наближається до 1 (від 0,97 до 0,99) в рівнях освітленості 500–900 лк, при природному, суміщеному СД та ЛЛ освітленні. Це надає підставу стверджувати, що джерело освітлення менш впливає на цей показник. Більший вплив спостерігається від рівня освітленості. При тестуванні за монітором показник **б** має нижчі показники (відхилення до 20 %), тобто при роботі на моніторі людині потрібно більше часу для успішного виконання завдання. Значно менший показник фіксується при штучному освітленні, що відображає функціональний стан при роботі у приміщенні без природного світла, що імовірно пов'язано з психоемоційною сферою робітника.

Таблиця 3.15

Коефіцієнт швидкості безпомилкової обробки інформації K_v

Б	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,80	0,90	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,97	0,96
2	0,30	0,39	0,51	0,57	0,64	0,71	0,72	0,73	0,72	0,69
3	0,83	0,87	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,97	0,96
4	0,40	0,45	0,47	0,52	0,55	0,62	0,63	0,64	0,64	0,63
5	0,77	0,90	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
6	0,40	0,50	0,55	0,65	0,71	0,75	0,78	0,80	0,79	0,78
7	-	-	-	-	0,76	0,83	0,88	0,92	0,93	0,93
8	-	-	-	-	0,41	0,44	0,45	0,46	0,46	0,45
9	-	-	-	-	0,90	0,92	0,94	0,95	0,95	0,95
10	-	-	-	-	0,45	0,47	0,48	0,50	0,50	0,49

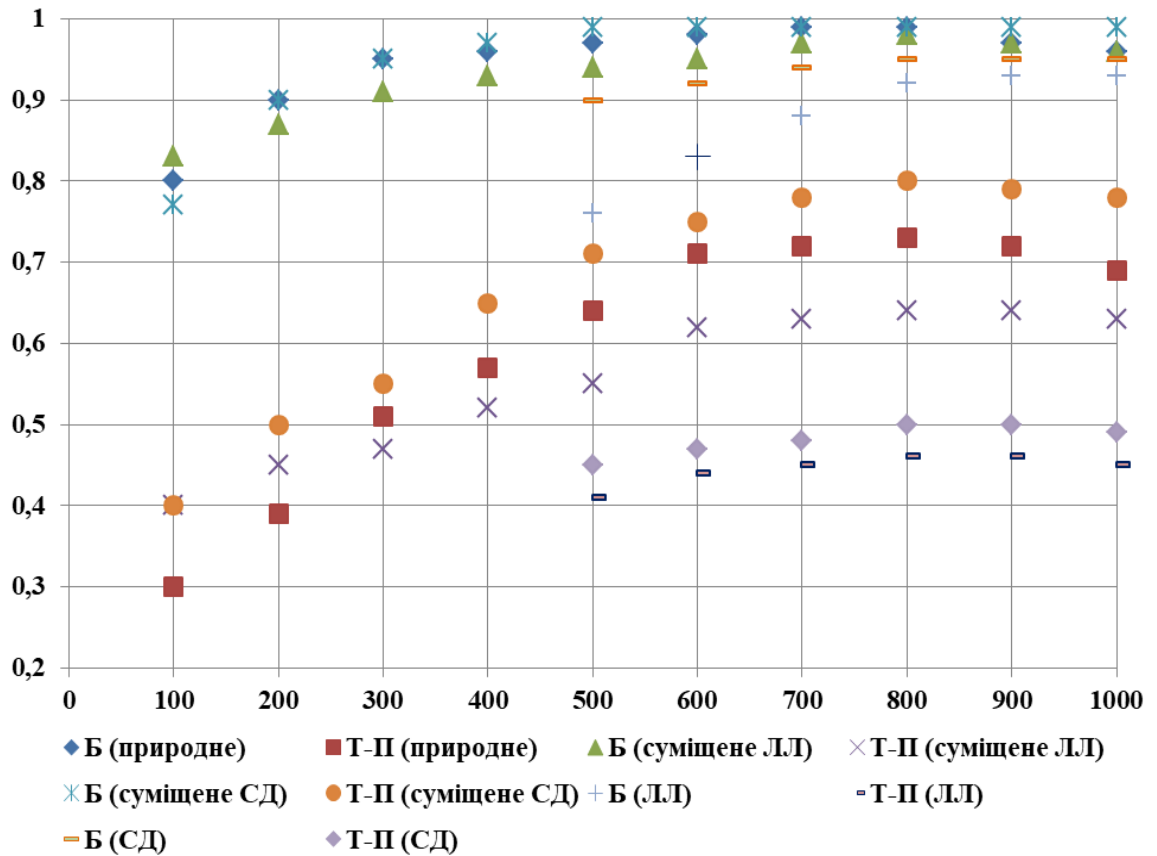


Рис. 3.23 Коефіцієнт швидкості безпомилкової обробки інформації в функції освітленості робочого місця

Показник 7 – показник безпеки праці, визначаємо за сукупністю вище визначених показників за функцією 3.1. Метою експерименту було визначення діапазону параметрів СС із зниженням напруженості функціонального стану оператора та створення комфортного середовища для підвищення безпеки праці. Аналізуючи отримані кількісні значення кожного показника в розподілі джерела та рівня освітленості, можна зробити висновок, що напруженість праці за параметрами СС (рівень освітленості та його джерело) треба враховувати і колірну температуру оскільки цей параметр уточнює вплив СС на функціональний стан працівника (рис. 2.7). Враховуючи найбільші значення показників (1–6) в інтервалі рівнів освітленості 500–1000 лк при різних СС. Результати вимірів колірної температури проаналізовано та представлено в табл. 3.16 (діапазон 100–400 лк), та в табл. 3.17 (діапазон 500–1000 лк).

Таблиця 3.16

Результати вимірів колірної температури T, K в залежності від джерела та рівнів освітленості в діапазоні 100–400 лк

Вид освітлення	Освітленість в діапазоні 100-400лк			
	100	200	300	400
Природне	3300-3800	3200-3500	3700-3800	3300-4700
Суміщене ЛЛ	4100-4250	4100-4700	4670-4900	5160-5300
Суміщене СД	5600-5800	5460-5800	5430-5850	5440-5460

Встановлено в діапазоні рівнів освітленості від 100 лк до 500 лк суміщеного світла, що кількісні показники колірної температури не відповідають зоні комфорту номограми Крюїтгофа (рис. 2.6), тобто такі параметри СС відповідають шкідливим умовам праці.

Визначено, що при природному освітлені колірна температура від 3200 К при 100 лк теж зумовлює шкідливі умови. Тільки з 200 лк параметри колірної температури відповідають зоні комфорту.

Таблиця 3.17

Результати вимірів колірної температури, T, K в залежності від джерела та рівнів освітленості в діапазоні 500–1000 лк

Вид освітлення	Освітленість в діапазоні 500-1000лк					
	500	600	700	800	900	1000
Природне	5200-5450	5400-5500	5700-5800	5900-6000	5700-5800	5200-5300
Суміщене ЛЛ	5100-5200	5400-5670	5430-5500	5550-5700	5200-5400	5200-5300
Суміщене СД	5490-5500	5660-5800	5650-5700	5900-5950	5330-5600	5350-5580
Штучне ЛЛ	4800-4850	4500-4800	4770-4900	5200-5300	5600-5700	5300-5700
Штучне СД	5600-5800	5370-5800	5500-5590	5560-5800	5340-5460	5390-5760

Результати вимірів колірної температури в залежності від джерела та рівнів освітленості в діапазоні 500–1000 лк показали, що всі значення відповідають зоні комфорту. Отримані функції апроксимації номограми Крюїтгофа (табл. 2.11) з точністю 96 % дозволяють визначити цей параметр допустимим щодо оптимальних умов праці в межах, наведених у формулі:

Суміщене освітлення. Колірна температура підвищується з рівнем освітленості, але кількісні показники мають більші значення ніж при штучному освітлені. Це зумовлено спектральним розподілом сонячного світла, та характеристиками колірної температури зовнішнього освітлення (рис. 2.2).

Штучне освітлення. Колірна температура корелюється рівнем освітленості і залежить від технічних характеристик ОП. Колірна температура підвищується з 4500 К до 5300 К і відповідає середній групі МКО ($T_K = 3300\text{--}5800\text{ К}$).

Аналіз показує, що найвище значення показників працеспроможності спостерігається в діапазоні колірної температури 5300–5800 К, а оператор знаходиться в зоні комфорту, оскільки значення параметрів СС відповідає умові 3.3 з точністю 96 % в функціях апроксимації 5[14] нижньої та верхньої межі зони комфорту (табл. 2.11)

$$0,1241 \cdot T - 271,91 \leq E \leq 0,0429 \cdot e^{0,0029 \cdot T} \quad (3.3)$$

3.4 Визначення діапазону параметрів СС за напруженістю праці в показниках працеспроможності та побудова математичної моделі

Факторні параметри СС (рівень освітленості $E_{p.m.}$, його розподіл, встановлений за програмою DIALux evo 9.2, колірна температура джерела світла $T_{p.m.}$) визначено за результатами обробки даних дослідження згідно алгоритму (рис. 3.1) в зоні діяльності оператора. Аналіз результатів експерименту свідчить, що показники працеспроможності змінюються в залежності рівня, джерела освітлення та колірної температури. Для кожного показника виявлено діапазон рівня освітленості та колірної температури зони діяльності, де цей показник має

мінімальну і максимальну величину. Із результатів експерименту визначено показники тестування на паперовому носії і на моніторі. Для аналізу обрано результати виконаного тесту на моніторі, що обґрунтовано відповідає змісту роботи оператора і дозволяє розробити заходи підвищення безпеки праці. Результати обробки отриманих результатів представлено в табл. 3.18-3.23.

Таблиця 3.18

Параметри СС ($E_{р.м.}$, $T_{р.м.}$) при граничних значеннях швидкості сприйняття і переробки інформації S (показник 1)

Характеристика СС	min	$E_{р.м.}^{\min}$	$T_{р.м.}^{\min}$	max	$E_{р.м.}^{\max}$	$T_{р.м.}^{\max}$
Природне	0,55	500	5200	0,67	800	6000
Суміщене ЛЛ	0,44	500	5100	0,57	1000	5300
Суміщене СД	0,64	500	5490	0,78	700-800	5950
Штучне ЛЛ	0,09	500	4800	0,39	800-900	5700
Штучне СД	0,21	500	5600	0,42	800-900	5800

Максимальну величину швидкості сприйняття і переробки інформації отримано за монітором при суміщеному СД освітленні в діапазоні рівнів $E_{р.м.}=700-800$ лк та $T_{р.м.}=5950$ К, що складає 0,78. Тому для показника 1 в рівнях освітленості 500–1000 лк вірна функція залежності 3.4 з точністю 96 %.

$$y = -0,0000007x^2 + 0,0013x + 0,1582 \quad (3.4)$$

За умови безпомилкових дій оператора величина показника 1 при тестуванні на моніторі складає $S_{\max}^{III} = 1,0872$.

В реальних умовах такий показник не можливо досягти, оскільки перенапруження зорового аналізатора: зосередженість та концентрація уваги, зумовлено підвищенням напруженості праці та впливає на кінцевий результат роботи, що дозволяє зробити висновок – прийняття рішення та дії оператора в

більшій мірі відноситься до психологічної складової функціонального стану працівника.

Таблиця 3.19

Параметри СС ($E_{р.м.}$, $T_{р.м.}$) при граничних значеннях коефіцієнта продуктивності праці $K_{п}$ (показник 2)

Характеристика СС	min	$E_{р.м.}^{\min}$	$T_{р.м.}^{\min}$	max	$E_{р.м.}^{\max}$	$T_{р.м.}^{\max}$
Природне	1,2	500	5200	1,43	800	6000
Суміщене ЛЛ	1,17	500	5100	1,31	800-900	5700
Суміщене СД	1,41	500	5490	1,50	800-900	5950
Штучне ЛЛ	0,63	500	4800	0,83	900	5700
Штучне СД	0,69	500	5600	0,96	800-900	5800

Максимальну величину коефіцієнта продуктивності отримано за монітором теж при суміщеному СД освітленні в діапазоні рівнів $E_{р.м.}=800-900$ лк та $T_{р.м.}=5950$ К, що складає 1,50 при максимально можливому $K_{п}=2$. Оскільки це найсприятливіші параметри СС для показника 2 в рівнях освітленості 500–1000 лк обґрунтовано функцію залежності 3.5 з точністю 98,5 %.

$$y = -0,000002x^2 + 0,0027x + 0,4957 \quad (3.5)$$

Визначено, що величина показника 2 помірно збільшується, або зменшується в залежності від рівня освітленості, тому можна зробити висновок, що спектр випромінювання природного світла разом з СД підвищують активність функціонального стану оператора.

Функція 3.5 має більшу точність апроксимації ніж функція 3.4, що відображає математичний опис змісту роботи оператора та його функціонального стану.

Параметри СС ($E_{p.m.}$, $T_{p.m.}$) при граничних значеннях обсягу виконання завдання K_0 (показник 3)

Характеристика СС	min	$E_{p.m.}^{\min}$	$T_{p.m.}^{\min}$	max	$E_{p.m.}^{\max}$	$T_{p.m.}^{\max}$
Природне	68	500	5200	74	700-1000	6000
Суміщене ЛЛ	56	500	5100	62	700-800	5700
Суміщене СД	70	500	5490	81	800	5950
Штучне ЛЛ	50	500	4800	59	800	5300
Штучне СД	58	500	5600	72	800-900	5800

Максимальну величину обсягу виконання завдання отримано за монітором при суміщеному СД освітлені в рівні $E_{p.m.}=800$ лк та $T_{p.m.}=5950$ К. 100 %-вий обсяг виконання завдання визначено тільки в результаті дослідження показників працеспроможності на паперовому носії. При таких же рівнях освітленості та колірної температури з роботою на моніторі цей показник нижчий, що зумовлено більшим часом адаптації зорового аналізатора. Найвищий показник при суміщеному СД освітлені складає 74 % всього обсягу. Математичний опис залежності 3.6 з точністю 98,8 % має вид:

$$y = -0,00006x^2 + 0,1045x + 33,067 \quad (3.6)$$

Таблиця 3.21

Параметри СС ($E_{p.m.}$, $T_{p.m.}$) при граничних значеннях показника 4

Характеристика СС	min	$E_{p.m.}^{\min}$	$T_{p.m.}^{\min}$	max	$E_{p.m.}^{\max}$	$T_{p.m.}^{\max}$
Природне	0,99	500	5200	1	600-800	6000
Суміщене ЛЛ	0,96	500	5100	0,99	800-900	5700
Суміщене СД	0,98	500	5490	1	700-1000	5950
Штучне ЛЛ	0,94	500	4800	0,98	800-1000	5700
Штучне СД	0,97	500	5600	0,99	700-1000	5800

Параметри СС ($E_{р.м.}$, $T_{р.м.}$) при граничних значеннях показника 5

Характеристика СС	min	$E_{р.м.}^{\min}$	$T_{р.м.}^{\min}$	max	$E_{р.м.}^{\max}$	$T_{р.м.}^{\max}$
Природне	1,35	500	5200	1,41	800	6000
Суміщене ЛЛ	0,98	500	5100	1	700-900	5700
Суміщене СД	1,36	500	5490	1,51	800	5950
Штучне ЛЛ	0,9	500	4800	0,95	800-900	5700
Штучне СД	0,92	500	5600	0,98	800-900	5800

Таблиця 3.23

Параметри СС ($E_{р.м.}$, $T_{р.м.}$) при граничних значеннях показника 6

Характеристика СС	min	$E_{р.м.}^{\min}$	$T_{р.м.}^{\min}$	max	$E_{р.м.}^{\max}$	$T_{р.м.}^{\max}$
Природне	0,64	500	5200	0,73	800	6000
Суміщене ЛЛ	0,55	500	5100	0,64	800-900	5700
Суміщене СД	0,71	500	5490	0,80	800	5950
Штучне ЛЛ	0,41	500	4800	0,46	800-900	5700
Штучне СД	0,45	500	5600	0,50	800-900	5800

Максимальне значення показника точності виконання завдання визначено при природному (в діапазонах рівня освітленості 600–800 лк) та суміщеному СД освітлені (в діапазонах рівня освітленості 700–1000 лк), що додатково підтверджує визначені залежності 3.4–3.6 показників працеспроможності від рівня освітленості. Показник швидкості прийняття рішення має найвище значення яке дорівнює 1,51 при рівні освітленості 800 лк в суміщеному СД освітлені, як і показник швидкості безпомилкової обробки інформації який має найвище значення в рівні 800 лк при суміщеному СД освітлені. Показники 4–6 додатково підтверджують, що найсприятливіші умови напруженої роботи праці оператора відповідають рівню освітленості 800 лк в суміщеному СД освітлені.

Висновки до розділу 3

1. Розроблений алгоритм методики покрокового проведення досліджень впливу параметрів світлового середовища на напруженість праці який дозволяє оцінити працеспроможність операторів з урахуванням змісту роботи.

2. З метою отримання розподілу освітлення в експериментальному приміщенні та оцінки складової штучного освітлення робочого місця проведено моделювання з застосуванням програмного забезпечення DIALux, що дозволяє визначити рівень освітленості та оцінити умови праці операторів.

3. Встановлено, що дослідження напруженості праці із визначенням показників працеспроможності за обраними тестами Бурдона і Тулуз-П'єрона дозволяють виявити обсяг, концентрацію, стійкість і переключення уваги, зорового сприйняття простору, а також швидкість переробки інформації оператора. Та отримати реальну картину умов праці оператора в різних системах світлового середовища та визначити ступінь його впливу.

4. Запропонована форма характеристик невизначеності вимірювання при оцінці точності вимірів з рівнем довіри 95 % для технічних вимірювань дозволяє запобігти необґрунтовано розширеному інтервалу похибки. Відносна розширена невизначеність коливається в діапазоні від 3,18 до 6,57 одиниць виміру, що відповідає умовам експерименту.

5. На основі проведених досліджень швидкості сприйняття та переробки інформації встановлені закономірності зміни працеспроможності операторів від освітленості робочих місць. Підтверджено гіпотезу, що оператор при збільшенні інформації на моніторі має нижчий показник пропускної здатності ніж при роботі на паперовому носії, що необхідно враховувати при забезпеченні точності виконання завдання та підвищення рівня безпеки праці.

Список використаних джерел у розділі 3

У розділі 3 використані [95...106] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 4

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1 Розробка методики оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення

За результатами досліджень функціонального стану операторів розроблено методику оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення, яка дозволяє в реальних умовах трудового процесу визначити рівень функціонального стану оператора за ступенем напруженості праці та відтворити реальні умови трудового процесу в різних джерелах освітлення з підтвердженими результатами досліджень щодо репрезентативної залежності **«освітлення → ступінь напруженості праці → функціонального рівня працівника → підвищення безпеки праці»**.

Методика призначена для експрес-оцінки умов праці за фактором світлового середовища, основні переваги якої є – швидкість і зручність. Стан системи освітлення, його параметрів оцінюється шляхом співставлення отриманих даних вимірювань з вимогами нормованих параметрів за національними та Європейськими нормами щодо освітлення робочих місць в приміщенні [14, 53]. Методика дозволяє встановити ступінь напруженості праці протягом робочого часу, врахувати психофізіологічні особливості працівника при виконанні певних операцій, в залежності від обсягу, змісту роботи, відповідальності та встановити параметри СС, які забезпечують оптимально високий рівень функціонального стану, щоб підвищити безпеку праці на виробництві.

Методика поєднує отримані об'єктивні параметри СС на постійних робочих місцях оператора з самооцінкою рівня функціонального стану працівника, враховуючи його вік, досвід, специфіку його роботи, оскільки експрес-оцінка виконується безпосередньо під час трудового процесу. Алгоритм проведення

експрес-оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення представлений на рис. 4.1.

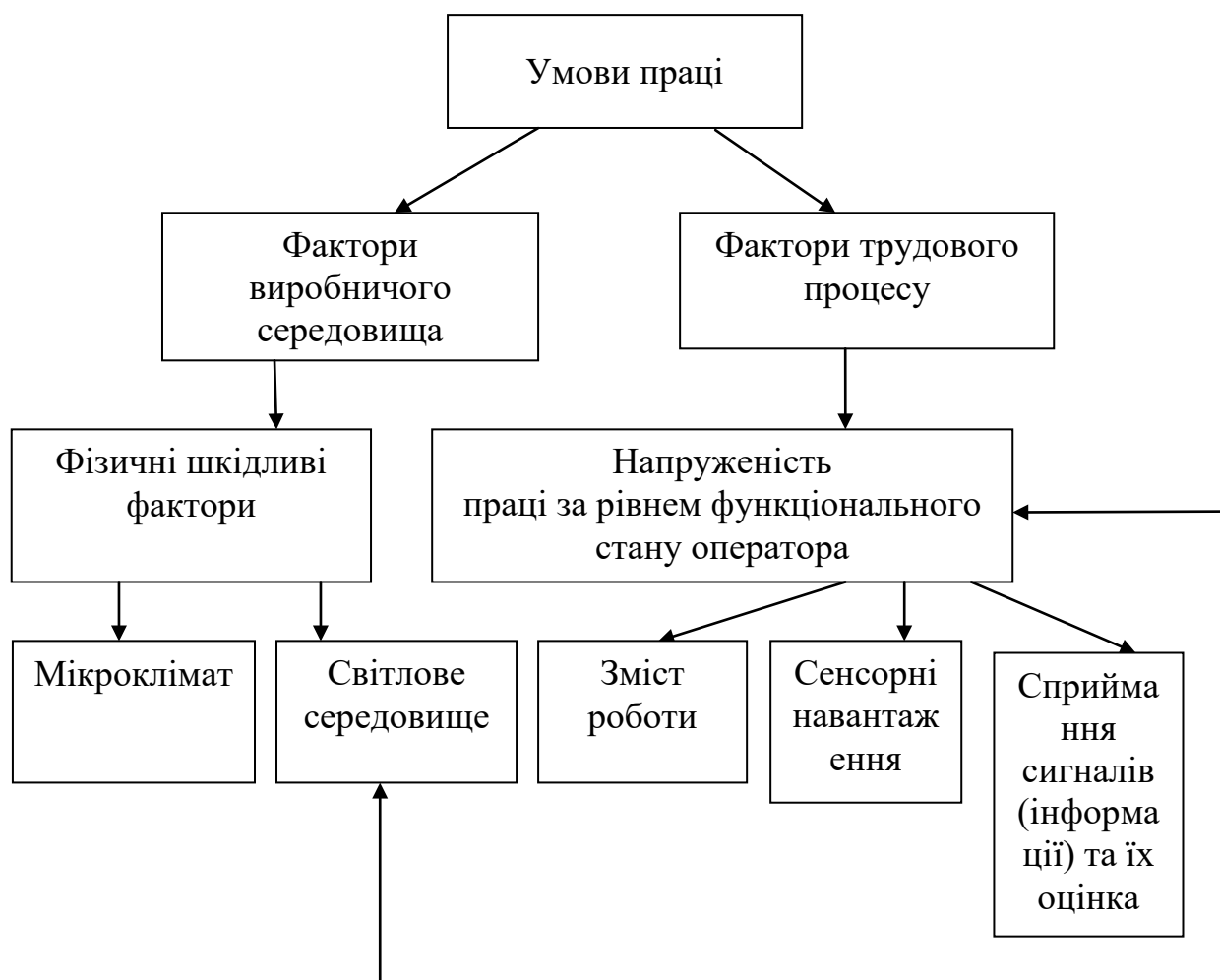


Рис. 4.1 Алгоритм досліджень умов праці за показниками світлового середовища з урахуванням факторів виробничого середовища та напруженості праці.

4.1.1 Вимоги до показників точності, засобів та методів вимірів

Перед проведенням вимірів освітленості проводиться збір таких даних:

- тип світильників;
- параметри розміщення світильників;
- стан світильників (забруднення, комплектування, відбивачі, решітки, розсіювачі, ущільнювачі і т.д.);

- тип ламп (для оцінки відповідності вимогам норм, розрахунку фактичного значення освітленості);

- наявність і стан світильників місцевого освітлення;

- кількість ламп які не працюють.

Методика вимірювань освітленості та колірної температури робочої поверхні базується на методі прямих вимірювань.

Вимоги до точності застосованого засобу вимірювання освітленості: точність виміру приладу Chroma Lightmeter ST520 $\pm 3 \% + 2 \text{ Digital}$.

Засіб вимірювань освітленості використовуємо з метрологічними характеристиками наведеними у табл. 3.4 межі допустимої відносної похибки вимірювань освітленості не гірше $\pm 10 \%$.

При підготовці до виконання вимірювань освітленості, визначаємо точки вимірювання на робочих місцях в основних робочих зонах виробничих приміщень. Проводимо підготовку засобів вимірювань відповідно до експлуатаційної документації. З метою контролю дотримання робочих умов експлуатації вимірюємо температуру і відносну вологість повітря в приміщенні, а при необхідності – атмосферний тиск. До початку вимірювань освітленості робочої поверхні вмикаємо освітлювальні установки, підключаємо вольтметр і контролюємо напругу в електричній мережі живлення освітлювальних установок. Вимірювання слід проводити після стабілізації світлового потоку освітлювальної установки. Вимірювання освітленості робочої поверхні від установок штучного освітлення повинні проводитися в темний час доби (за винятком освітлювальних установок, розташованих в приміщеннях без природного світла), коли відношення природної освітленості до штучної становить не більше 10 %. При розміщенні датчика засобу вимірювань контролюємо, щоб на датчик не падали випадкові тіні від людей та речей. Якщо робоче місце затінюється в процесі роботи самим працівником або виступаючими частинами обладнання, то освітленість слід вимірювати в даних реальних умовах.

Освітленість та колірну температуру робочої поверхні вимірюємо протягом нормативної тривалості T_0 за складовими тимчасових інтервалах T_m , де T_0 -

нормативна тривалість робочої зміни або робочого дня, що дорівнює 8-ми годинам при щоденному режимі роботи. При змінному режимі роботи T_0 розраховується з умови, що тривалість робочого тижня не повинна перевищувати 40 годин на тиждень і в середньому не може перевищувати 8-ми годин за робочий день. Тривалість T_m складається з інтервалів часу (m) з наступними властивостями:

- виконання на робочому місці зорових робіт;
- тривалість характерних інтервалів за період оцінки може бути виміряна або встановлена в результаті аналізу виробничої діяльності працівника на робочому місці;

Тимчасовий інтервал T_m встановлюємо, враховуючи час стійкості уваги – 15 хвилин напруженої праці.

Перед виконанням вимірювань визначаємо залежно від характеру робочого місця необхідне число M тимчасових інтервалів T_m , але не менше 4:

$$T_0 = \sum_{m=1}^M T_m, \quad M \geq 4, \quad (4.1)$$

де T_0 - нормативна тривалість робочої зміни або робочого дня, год.;

T_m - часовий інтервал m , встановлений на основі аналізу характеру робочого місця, год.

При виконанні вимірювань для тимчасового інтервалу T_m ($m = 1$) освітленості виконуємо наступні операції: проводимо вимірювання напруги в електричній мережі живлення освітлювальних установок і фіксують його значення на дисплеї вольтметра; розміщуємо датчик в точці вимірювання, який повинен розміщуватися на робочій поверхні в площині її розташування (горизонтальної, вертикальної, похилій) або на робочій площині устаткування; з урахуванням вимог експлуатаційної документації засобу вимірювання, виконуємо одиничне вимірювання освітленості і фіксуємо результат вимірювання освітленості та колірної температури на дисплеї приладу.

Після закінчення вимірювань освітленості та колірної температури повторно вимірюємо напругу в електричній мережі, яка живить освітлювальні установки і фіксуємо його значення на дисплеї приладу вимірювань U . Проводимо аналіз результатів вимірювань напруги в електричній мережі. У разі виявленого відхилення більше 5 % значення напруги в мережі ΔU від номінального значення, встановленого для даної електричної мережі, яка живить освітлювальні установки, отриманий результат одиничного вимірювання бракуємо і виконуємо одиничне вимірювання заново.

Результати проведених одиничних вимірювань освітленості та колірної температури (при необхідності і напруги) фіксуємо в протоколі вимірювань.

Можливі джерела додаткової невизначеності вимірювань, що не пов'язані з процесом вимірювань, які слід виключити при виконанні вимірювань:

- некоректний вибір точки вимірювання;
- некоректна установка і кріплення засобів вимірів;
- нестационарні затінення світлопрорізів;
- некоректне розташування оператора в приміщенні;
- недотримання вимог до температури і вологості повітря при проведенні вимірювань;
- недотримання вимог експлуатаційної документації на використовуваний засіб.

Експлуатація та зберігання засобів вимірювання повинні здійснюватися відповідно до експлуатаційної документації з комплекту поставки.

Для контролю тривалості встановлених тимчасових інтервалів використовуємо годинник з таймером або відповідний засіб вимірювань часу затвердженого типу. У разі їх відсутності тривалість часових інтервалів контролюємо з використанням годин точного часу, розташованих на інтернет сайті.

Освітленість робочої поверхні повинна вимірюватися в одній або декількох точках вимірювань, розташованих на поверхні. При наявності протяжної робочої

поверхні має бути обрано не менше чотирьох точок вимірювання, на основі візуальних спостережень.

До виконання вимірювань освітленості робочої поверхні, а також до оцінювання прямої блискавості, відображеної блискавості допускають осіб:

- відповідають вимогам, що пред'являються до осіб, які безпосередньо виконують роботи з досліджень (випробувань) та вимірювань;
- які пройшли спеціальне навчання з охорони праці;
- пройшли інструктаж з охорони праці при роботі з електровимірювальними приладами і електроустановками;
- вивчили експлуатаційну документацію на засоби вимірювань.

Перед виконанням вимірювань в залежності від характеру робочого місця і бажаної точності вимірювань визначають число одиничних вимірювань n , для тимчасового інтервалу T_m , рекомендоване значення $n \geq 4$.

Результат вимірювань освітленості робочої поверхні за часовий інтервал T_m , лк, розраховуємо за формулою 4.2:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_{i,m}}{n}, \quad (4.2)$$

де n – задана кількість одиничних вимірів;

$E_{i,m}$ – результат i -ого одиничного вимірювання освітленості робочої поверхні, отриманий в тимчасовому інтервалі з порядковим номером m , лк.

Результат вимірювань освітленості робочої поверхні за часовий інтервал T_0 , лк, розраховують за формулою 4.3:

$$E = \frac{\sum_{m=1}^M E_m}{M}, \quad (4.3)$$

де M - задане число тимчасових інтервалів, які формують часовий інтервал T_0 ;

E_m - результат вимірювань освітленості робочої поверхні, отриманий в тимчасовому інтервалі з порядковим номером m за формулою 4.2, лк.

Показники невизначеності результатів вимірювань за встановлений часовий інтервал T_m або часовий інтервал нормативної тривалості T_0 оцінюються при кожному конкретному вимірі згідно з алгоритмом, наведеним у табл. 3.5. При цьому значення розширеної невизначеності при рівні довіри $p = 95\%$ не повинні перевищувати значень допустимої (цільової) невизначеності вимірювань

$$U_{\text{відн}} \leq U_{\text{target}} \quad (4.4)$$

Якщо виконується умова (формула 4.4), то результати вимірів валідні.

Якщо після вилучення некоректних вищезазначених вимірів умова (формула 4.4) не виконується, тоді в світловому середовищі має місце значуща мінливість освітленості робочої поверхні з плином часу, що обумовлено несправністю освітлювальних установок або живильної електричної мережі; значуща неоднорідність світлового потоку робочої поверхні, викликана помилками у виборі, розміщенні освітлювальних установок; значуща неоднорідність робочої поверхні за геометричними характеристиками, неприйнятні кутові зміщення датчика виміру по відношенню до напрямку світлового потоку від освітлювальних установок; поломка приладу та інше. В цьому випадку, необхідно провести аналіз причин з метою встановлення впливового чинника, провести коригувальні заходи, провести вимірювання освітленості робочої поверхні заново (наприклад, зі збільшеним числом одиничних вимірювань) і оцінити невизначеність результату вимірювань відповідно до описаної послідовності.

Результати вимірювань освітленості та колірної температури робочої поверхні, результати оцінювання прямої блискавості, відображеної блискавості використовуємо для оцінки умов праці за показниками СС.

Оцінку показників СС здійснюємо окремо для природного, штучного та суміщеного освітлення. Якщо для досягнення нормованого рівня освітленості на

робочому місці використовують комбіноване освітлення, то окремо для цього джерела освітлення проводимо виміри.

4.1.2 Методи тестування

Тестування ступеню напруженості праці оператора для визначення психоемоційної реакції на навантаження під час виконання його функціональних обов'язків на робочому місці проводиться з використанням методики оперативної самооцінки САН, яка відноситься до методів виробничого експерименту психології праці. Рівні функціонального стану f визначаються за табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Рівні функціонального стану операторів f згідно САН

Низький	Достатній	Оптимальний	Високий	Дуже високий
$f \leq 4$	$4 < f \leq 5$	$5 < f < 5,5$	$5,5 < f \leq 6$	$f > 6$

Перевага виробничого експерименту полягає у тому, що встановлені рівні функціонального стану відповідають реальним умовам виробничого процесу та параметрам систем освітлення робочих місць.

Час тестування встановлюється відповідно до зазначених вимог:

1. На початку роботи 8.00–9.00 година (фаза впрацьовування), коли є розбіжність між психічним станом працівника і вимогами виробничого процесу;
2. Через 2–3 години 11.00–12.00 година (фаза стійкої працеспроможності), яка забезпечує стабільну продуктивність праці. Природне освітлення робочого місця у цей час має максимальні значення, що сприяють підвищенню функціонального стану;
3. Знижена активність 15.00–16.00 година (фаза втоми), яка характеризується зниженням працеспроможності, темпу та якості праці. Коливання працеспроможності протягом доби зумовлено психофізіологічним

пристосуванням працівника за циркадними ритмами, які в свою чергу залежать від рівня та якості освітлення робочого місця і впливають на активність працівника (швидкість реакції, темп роботи, увагу).

Співвідношення тривалості фаз працеспроможності, які визначаються тестуванням, є показником оптимальності організації праці та психофізіологічних ресурсів працівника.

4.1.3 Рекомендації щодо підвищення безпеки праці

Аналіз встановлених кількісних даних співвідношення рівнів та джерел освітлення до рівня функціонального стану оператора дозволяє визначити ті параметри, що визначають світлове середовище штучного та природного освітлення, які не тільки задовольняють зорову працездатність, але й сприяють підвищенню рівня безпеки праці. Результати, отримані за зазначеною методикою не обмежують свободи обрання конкретної системи освітлення, використання інноваційного обладнання, а надають змогу обрати систему, найбільш сприятливу для якісного вирішення виробничих завдань. Рекомендації щодо підвищення безпеки праці є складовою перспективної комплексної програми поліпшення умов і охорони праці як технічні та санітарно-гігієнічні заходи.

4.1.4 Впровадження методики на підприємстві ТОВ «АВ метал груп»

В період з січня 2018 р. по грудень 2020 р. на об'єктах підприємства, що будуються та введені в експлуатацію з метою зменшення шкідливих, небезпечних чинників і аварій на виробництві з урахуванням параметрів світлового середовища було проведено дослідження умов праці за фактором освітлення на постійних робочих місцях операторів-менеджерів (чоловіків та жінок), віком від 27 до 62 років.

Визначені постійні робочі місця операторів в приміщеннях виробничого відділу та на складі продукції. Тривалість робочого дня складає 8 годин з 8.00 до

17.00 години з перервою 13.00–14.00. Площа приміщень 12 м² та 24 м². Перебування працівників в приміщеннях постійне. Мікрокліматичні умови приміщень операторів та менеджерів оптимальні (температура 21–24⁰С, вологість повітря 40–60 %, швидкість руху повітря 0,2 м/с). Приміщені обладнані приладами опалення та кондиціонування. Приміщення забезпечені природним світлом у достатньому обсязі (площа вікон складає не менше 30 % від загальної площі).

Час тестування встановлювався: на початку роботи (8.00–9.00 година) – фаза впрацьовування; (11.00–12.00 година) – фаза стійкої працеспроможності; (15.00–16.00 година) – фаза втоми.

За аналізом умов праці та характеру робіт, які відповідають характеристикам зорових робіт (розряд VIIIб, Б-1, А-1,2) з елементами монотонності та напруженості. Дослідження проводились згідно методики оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення. Мінімальні нормовані значення параметрів СС, які наведені в табл. 4.2 порівнювалися із визначеними параметрами за цією методикою.

Таблиця 4.2

Мінімальні нормовані значення параметрів СС [14]

Призначення приміщення	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк	Показник дискомфорту, М	Коефіцієнт пульсації, К _п %
Приміщення складу	VIIIб	100	-	-
Приміщення операторів обліку та видачі продукції зі складу	Б-1	300	40	10
Приміщення менеджерів виробничого відділу	А-1	500	40	10
Приміщення операторів	А-2	400	15	10

Рівень освітленості робочої поверхні операторів вимірювався безпосередньо під час тестування протягом робочого дня. Варіанти освітлення робочого місця: природне, суміщене, штучне.

Склад готової продукції.

На стадії будівництва об'єкту (рис. 4.2) площею 162 м² проведено обстеження СС згідно проекту та реальних умов. Запропоновано відокремити робочі місця від основних площ складу в окреме приміщення. Подальше дослідження функціонального стану від джерел та рівнів освітлення проводилось під час експлуатації об'єкту після закінчення будівництва безпосередньо на робочих місцях працівників складу ($E_H = 100$ лк) та у приміщенні операторів обліку та видачі продукції зі складу ($E_H = 300$ лк).



Рис. 4.2 Загальний вигляд приміщення складу на стадії будівництва

Таблиця 4.3

**Результати досліджень робочих місць операторів приміщення складу
при природному освітленні**

Період робочого дня	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
		С	А	Н	
8.00-9.00	82	5,1	2,9	5,7	$f_{сер} = 4,6$ - достатній
11.00-12.00	230	4,4	4	3,9	$f_{сер} = 4,1$ - достатній
15.00-16.00	125	3,8	3,4	5,6	$f_{сер} = 4,3$ - достатній

На стадії будівництва складу запропоновано систему штучного СД освітлення. При експлуатації об'єкту фактичний рівень освітленості робочих місць склав не менше 250 лк, при $E_n = 100$ лк. яке підтверджено прямими вимірами освітлення під час тестування функціонального стану працівників. Виміри рівнів штучного СД освітлення проводились у фазі втоми. Результати досліджень, які було проведено з березня 2018 р. по грудень 2020 р. на робочих місцях, обладнаних рекомендованою системою СД освітлення наведені в табл. 4.4 та у додатку Б.

Таблиця 4.4

**Результати досліджень робочих місць операторів приміщення складу
при штучному СД освітленні**

Період робочого дня	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
		С	А	Н	
15.00-16.00	230-250	5,1	5,3	5	$f_{сер} = 5,1$ - оптимальний

Приміщення операторів обліку та видачі продукції зі складу.

У приміщенні операторів загальною площею 18 м² обліку та видачі продукції зі складу розташовано три робочих місця (рис. 4.3) проведено обстеження СС в

реальних умовах із визначенням f . Зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно інструкції, сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка з використанням ПК (розряд зорової роботи Б-1). Подальше дослідження функціонального стану від джерел та рівнів освітлення проводилось безпосередньо на робочих місцях ($E_n = 300$ лк).

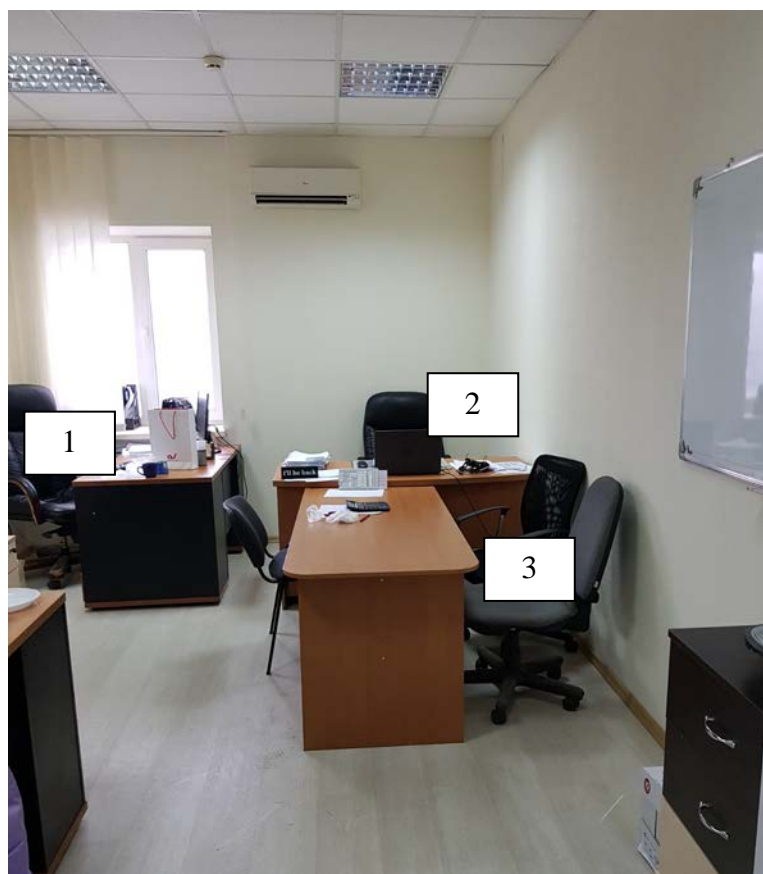


Рис. 4.3 Загальний вигляд приміщення операторів обліку та видачі продукції зі складу

За попереднім аналізом вихідних даних параметрів освітлення, експрес-оцінку проводили в системах природного та штучного люмінесцентного освітлення. В період з середини жовтня по березень операторами використовувалось суміщене освітлення протягом всього робочого дня. Результати наведені в табл. 4.5 та 4.6 відповідно до природного та штучного освітлення.

Враховуючи низький рівень активності (табл. 4.6) запропоновано в світильниках замінити ЛЛ на СД лампи. Загальні результати наведено у табл. 4.7.

Після впроваджених рекомендацій, система СД штучного освітлення забезпечує рівень освітлення у межах 510–550 лк, що відповідає дуже високому функціональному рівню операторів.

Таблиця 4.5

Результати досліджень робочих місць операторів обліку та видачі продукції зі складу при природному освітленні

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
8.00-9.00	1	180	3,9	4,2	5,3	$f_{сер} = 4,5$ - достатній
	2	100	5,1	3	3,3	$f_{сер} = 3,8$ - низький
	3	92	4,9	3	5,8	$f_{сер} = 4,6$ - достатній
11.00-12.00	1	650	6,1	6,5	6	$f_{сер} = 6,2$ - дуже високий
	2	600	5,8	6,3	5,3	$f_{сер} = 5,8$ - високий
	3	530	5,5	4,9	5,2	$f_{сер} = 5,2$ - оптимальний
15.00-16.00	1	210	5,2	4,8	5,1	$f_{сер} = 5$ - оптимальний
	2	170	3,9	3,1	4	$f_{сер} = 3,7$ - низький
	3	100	5,1	3	3,3	$f_{сер} = 3,8$ - низький

Таблиця 4.6

Результати досліджень робочих місць операторів обліку та видачі продукції зі складу при штучному ЛЛ освітленні

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
15.00-16.00	1	225	4	3,9	5,1	$f_{сер} = 4,3$ - достатній
	2	230	4,4	4	3,9	$f_{сер} = 4,1$ - достатній
	3	180	3,9	4,2	5,3	$f_{сер} = 4,5$ - достатній

Таблиця 4.7

Результати досліджень робочих місць операторів обліку та видачі продукції зі складу при штучному СД освітленні

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
15.00-16.00	1	550	6,7	6	6,8	$f_{сер} = 6,5$ - дуже високий
	2	542	6,7	6	6,8	$f_{сер} = 6,5$ - дуже високий
	3	510	6	6,4	6,1	$f_{сер} = 6,2$ - дуже високий

Приміщення менеджерів виробничого відділу.

У приміщенні загальною площею 18 м², де знаходяться менеджери виробничого відділу, розташовано три робочих місця (рис. 4.4).

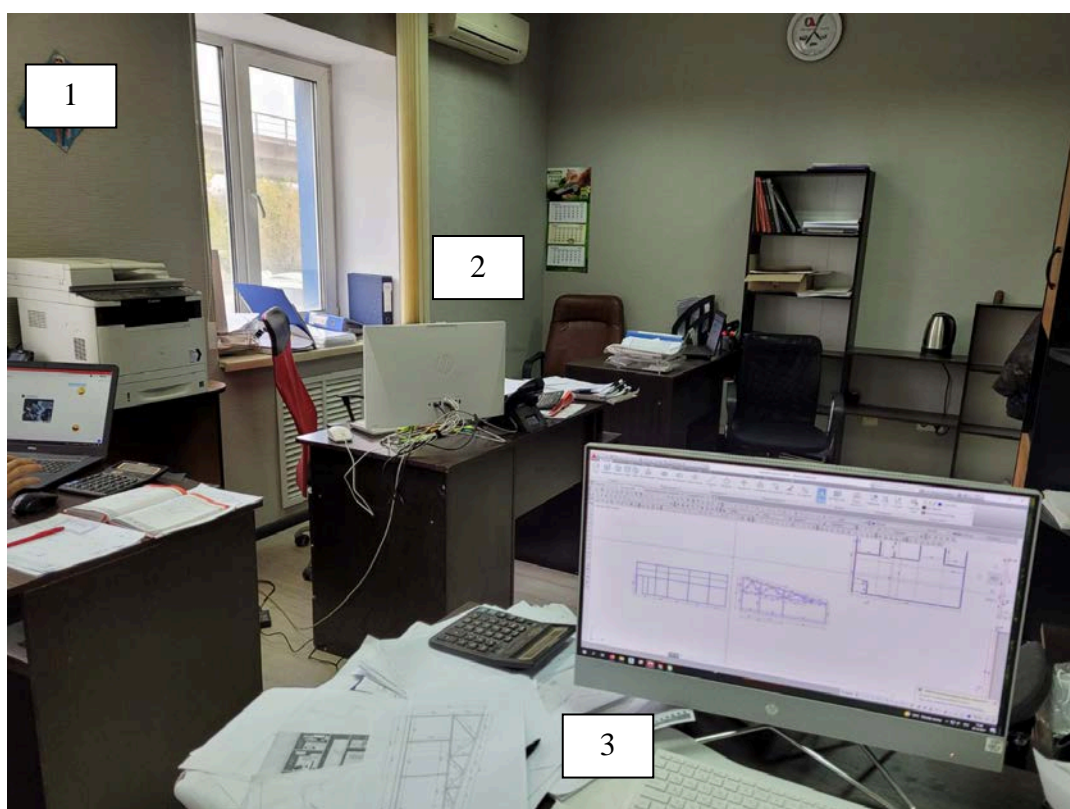


Рис. 4.4 Загальний вигляд приміщення менеджерів виробничого відділу при штучному ЛЛ освітленні

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом та робота за серією інструкцій, сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень з їх номінальними. Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання. Робота в умовах дефіциту часу з інформацією підвищеної відповідальності за кінцевий результат. Подальше дослідження функціонального стану від джерел та рівнів освітлення проводилось на робочих місцях ($E_n = 500$ лк). Узагальнені результати в системах природного та штучного ЛЛ освітлення наведено у табл. 4.8 та 4.9.

Таблиця 4.8

**Результати досліджень робочих місць менеджерів виробничого відділу
при природному освітленні**

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
8.00-9.00	1	330	4,9	5,1	3,7	$f_{сер} = 4,6$ - достатній
	2	440	5,6	2	5,9	$f_{сер} = 4,5$ - достатній
	3	450	5	3,1	4,8	$f_{сер} = 4,3$ - достатній
11.00-12.00	1	780	5,5	5,6	6	$f_{сер} = 5,7$ - високий
	2	762	4,7	5,8	4,9	$f_{сер} = 5,1$ - оптимальний
	3	850	5,4	6	5,7	$f_{сер} = 5,7$ - високий
15.00-16.00	1	300	5	2,5	5,6	$f_{сер} = 4,4$ - достатній
	2	282	5,1	5,2	4	$f_{сер} = 4,8$ - достатній
	3	270	5	4	5,8	$f_{сер} = 4,9$ - достатній

Таблиця 4.9

**Результати досліджень робочих місць менеджерів виробничого відділу
при штучному ЛЛ освітленні**

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
15.00-16.00	1	330	4,2	4	3,7	$f_{сер} = 4$ - достатній
	2	345	4	4,9	4,6	$f_{сер} = 4,5$ - достатній
	3	410	4,7	2,5	5,7	$f_{сер} = 4,3$ - достатній

Враховуючи ступінь напруженості трудового процесу та вимоги до високого рівня активності (табл. 4.9) запропоновано в світильниках замінити ЛЛ на СД лампи, а в приміщенні пофарбувати стіни у світлий колір. Загальні результати досліджень після впровадження рекомендацій наведено у табл. 4.10.

Після впровадження рекомендацій (рис. 4.5), система СД штучного освітлення забезпечує рівень освітлення у межах 700–770 лк, що відповідає високому та допустимому функціональному рівню операторів. Для підвищення рівня запропоновано підвищити потужність ламп.

Таблиця 4.10

Результати досліджень робочих місць менеджерів виробничого відділу при штучному СД освітленні

Період робочого дня	Робоче місце	Рівень освітлення, лк	Оперативна самооцінка			Рівень функціонального стану $f_{сер}$
			С	А	Н	
15.00-16.00	1	700	4,8	5	3,9	$f_{сер} = 4,6$ - допустимий
	2	721	6	5,4	5,9	$f_{сер} = 5,8$ - високий
	3	770	6,9	6,1	6,3	$f_{сер} = 6,5$ - дуже високий

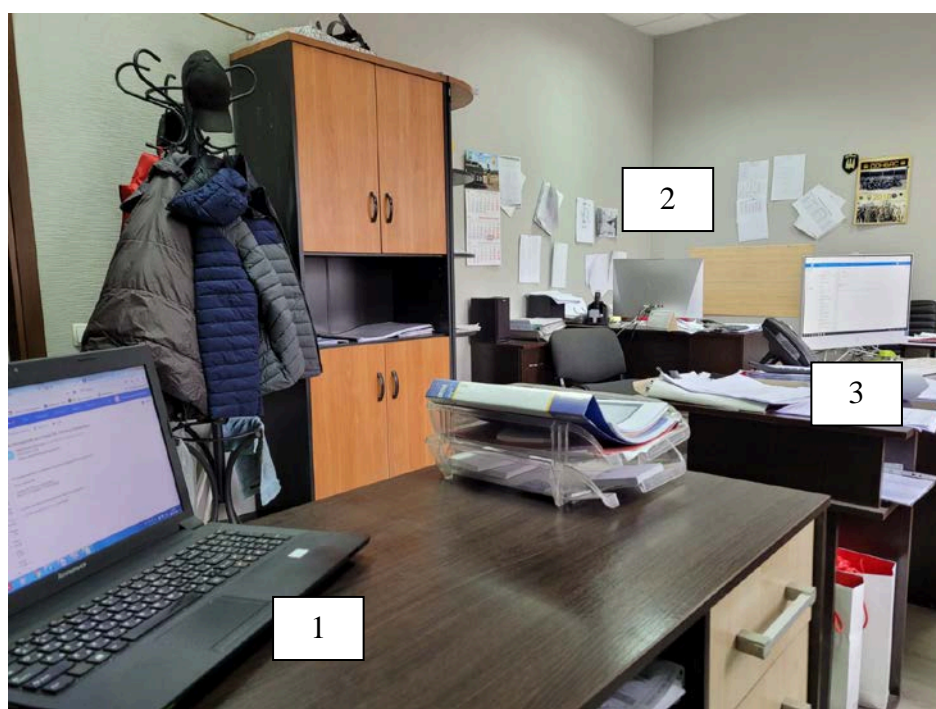


Рис. 4.5 Загальний вигляд приміщення менеджерів виробничого відділу при штучному СД освітленні

Результати досліджень та рекомендації

Згідно проведеного дослідження встановлено відхилення умов праці на постійних робочих згідно виконання зорових робіт Б-1, А-1,2. На підприємстві була впроваджена система освітлення, що дозволила виконати вимоги ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» та ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) з урахуванням напруженості трудового процесу та забезпечує високий рівень продуктивності праці, сприяє зменшенню кількості випадків професійних захворювань та створює сприятливі умови праці. Акт впровадження представлений у додатку Г.

Для підвищення рівня безпеки, підвищення рівня адаптації і комфорту, а також оптимально високого функціонального стану надзвичайно важливо створити збалансований розподіл яскравості за рахунок оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень у світлий колір, особливо стін та стелі. Для точності виконання завдання, монітори необхідно розташувати під кутом нахилу від вертикалі до 15° , класом А з яскравістю $200 \text{ кд/м}^2 < L \leq 3000 \text{ кд/м}^2$.

При використанні штучного освітлення необхідно враховувати коефіцієнт експлуатації K_e для обраного освітлювального обладнання за встановленим графіком часу використання ламп. Освітлення повинно задовольняти вимоги щодо енергоефективності освітлення робочої поверхні і не створювати шкідливі умови праці за фактором СС шляхом зменшення споживання енергії приладами освітлення.

4.1.5. Впровадження методики на підприємстві ТОВ «Павлогрардінвестбуд»

З березня 2019 р. по березень 2020 р. було проведено впровадження методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» на підприємстві ТОВ «Павлогрардінвестбуд».

При цьому дослідження проводились в приміщенні: розміри приміщення $L = 6 \text{ м}$, $B = 6 \text{ м}$, $H = 3 \text{ м}$ з одностороннім бічним світловим прорізом. Огороджувальні поверхні світлих тонів з коефіцієнтами відображення стелі $\rho = 0,8$ (побілена поверхня), стіни $\rho = 0,56$ (кремового кольору), полу $\rho = 0,3$ (світлий лінолеум). У приміщенні розташовуються робочі столи з коефіцієнтом відображення $\rho = 0,45$, інше обладнання відсутнє. Розміщення робочих місць розподілено рівномірно.

Світловий проріз орієнтований на північний захід, заповнений віконним блоком $\tau_1 = 0,8$, $\tau_2 = 0,8$. Довжина світлового прорізу $a = 5 \text{ м}$, висота $b = 1,3 \text{ м}$. Висота підвіконня 1 м . Світлові прорізи не затінені протилежними будинками. Приміщення розташовується в будівлі на відкритому майданчику, тому вплив відображення підстильної поверхні відсутній. Для виключення впливу шуму на людей, обрано кутове приміщення. Штучне освітлення організовано світильниками LED 36 W 6400 K які вмикаються окремо. Вимірювання штучної освітленості робочого місця та колірної температури проводилося за допомогою приладу CHROMA METER ST520.

Оцінка умов праці за фактором світлового середовища в приміщенні при виконанні функціональних обов'язків з застосуванням ПК проводилось згідно розробленої методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» з визначенням функціонального стану. У тестах приймали участь 10 робітників. Результати досліджень представлені у додатку Б.

Було визначено, що у приміщенні з застосуванням ПК нового виду освітлення з використанням світильників LED 36 W 6400:

- більшість робітників (78 %) стверджують, щоб адаптуватись до тестування потрібно 10–20 секунд потім збільшується концентрація уваги і на 8-9 хвилині спостерігається (провал) в концентрації, через 10–20 секунд концентрація уваги повертається і навіть збільшується швидкість корекції, тобто відбувається пристосування до даного виду роботи і вже до кінця тесту члени групи відчують стійкість в роботі;

- після тестування працівники не відчують стомленість. Тестування проводилося у другій половині дня, через дві години після обідньої перерви;

- враховуючи статистичні дані психології праці в такий період робочого часу працеспроможність людини знаходиться приблизно 70 % від першої половини робочого часу.

Таким чином запропонована методика «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» дозволяє підвищити сприйняття концентрації уваги та знизити стомлюваність працівників, що підвищує безпеку виконання технологічних процесів. Застосування даної методики з урахуванням впровадження нового світлового середовища дозволило одержати позитивний фізіологічний ефект (знижена втомленість, напруженість праці, підвищилась сприйняття та концентрація уваги на 17 %), що зумовлює підвищення продуктивності праці. Акт впровадження представлений у додатку Д.

4.2 Розробка методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища

Метою розробки та впровадження комплексної оцінки умов праці оператора на робочому місці в приміщенні є підвищення безпеки праці з урахуванням параметрів СС. Поставлена мета досягається створенням безпечного світлового середовища на кожному робочому місці виробничого приміщення в залежності від напруженості трудового процесу який характеризується змістом та обсягом поставлених зорових завдань. Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що з підвищенням рівнів освітленості та колірної температури збільшується ефективність роботи.

На підставі досліджень пропонується комплексна оцінка умов праці за параметрами СС автоматизованих робочих місць [107], що містить всі складові впливу освітлення на функціональний стан працівника шляхом вибору показника з найвищим ступенем шкідливості, алгоритм якої представлено на рис. 4.6.



Рис. 4.6 Алгоритм комплексної оцінки умов праці за параметрами СС.

Найбільші показники працеспроможності отримані в системах природного та суміщеного освітлення СД лампами, що забезпечують необхідні вимоги до комфортного світлового середовища.

Оцінка умов праці за параметрами СС визначається середньою освітленістю робочої поверхні \bar{E} , рівномірністю освітлення всього приміщення на висоті робочої площини U_0 , показником дискомфортової блискавості UGR_L та загальним індексом кольоропередачі R_a , згідно [53]. Визначення класу умов праці залежно від параметрів СС виробничих приміщень в нормативі [12] враховують КПО, освітленість робочої поверхні E_n , відповідно до розрядів зорових робіт, прямий відблиск та коефіцієнт пульсації. Це не враховує параметри при проектуванні та незоровий вплив, який встановлено в експериментальному дослідженні, але вказано, що «при перевищенні допустимих рівнів додаткових параметрів СС умови праці оцінюються за 1 ступенем 3 класу шкідливості».

Методика комплексної оцінки умов праці за показниками СС є удосконалення гігієнічної оцінки за показниками світлового середовища [12] та розроблена з урахуванням вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT), ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 «Невизначеність вимірювань Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні» на основі досліджень функціонального стану оператора в залежності від параметрів СС.

Впровадження методики забезпечує необхідні вимоги до комфортного СС:

- достатній рівень освітленості на робочій поверхні і висока рівномірність;
- обмеження засліплюючої дії з високою яскравістю на робочій поверхні;
- достатній рівень насиченості приміщення світлом.

Методика застосовується для періоду оцінки тривалістю T_0 що складається з інтервалів часу (m) з наступними властивостями:

- тривалість характерних інтервалів періоду оцінки встановлюються в результаті аналізу виробничої діяльності працівника на робочому місці;
- виконання на робочому місці зорових робіт.

Якщо робоче місце розташоване в кількох робочих зонах, кожна з яких характеризується своєю робочою поверхнею, то методика вимірювань застосовується для отримання результатів вимірювань освітленості кожної робочої поверхні за відповідний встановлений часовий інтервал T_m , при цьому клас умов праці при впливі світлового середовища для нормативної тривалості T_0 здійснюється згідно [3].

На першому етапі оцінки визначаємо висоту H , ширину L та глибину(довжину) приміщення, висоту робочої поверхні h_p , висоту підвісу ОП, розміри світлових прорізів та розміщення їх в приміщенні. На плані креслення позначаємо розташування робочого місця та джерел освітлення. Для штучного (суміщеного) освітлення встановлюємо світлотехнічні характеристики ОУ за паспортом виробника, які експлуатують в приміщенні. З використанням програми DIALux evo 9.2 прогнозуємо розподіл освітленості на робочій площині в приміщенні, враховуємо наявність чи відсутність обладнання в приміщенні, яке суттєво впливає на перерозподіл відбитого світла в приміщенні. Приклад використання програми представлено на рис. 4.7. Програма DIALux дозволяє розрахувати як штучне, так і природне освітлення робочої площини.

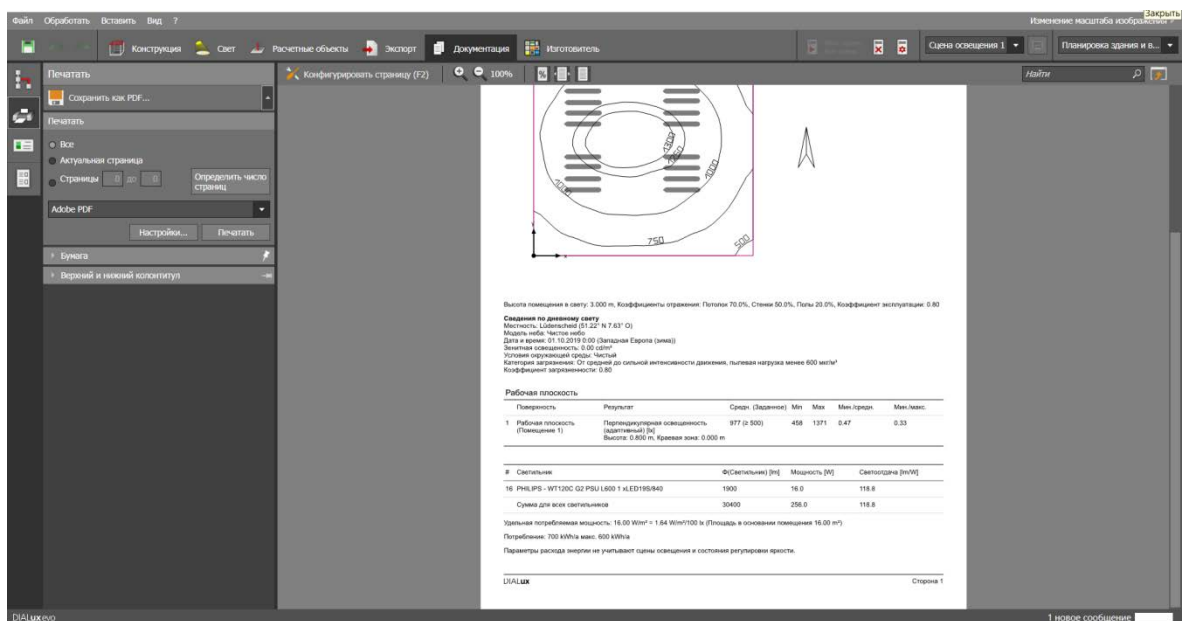


Рис. 4.7 Світлотехнічний проект приміщення за програмою DIALux evo 9.2

Додатково за програмою DIALux evo 9.2 отримуємо світлову віддачу e , коефіцієнт експлуатації MF , які розраховується за окремими методиками в [14] та нерівномірність освітлення.

Створюємо систематизовану сітку для визначення точок розрахунку та перевірки значень освітленості \bar{E} для зони завдання і безпосереднього оточення та фонові зони, згідно [108], де максимальний розмір сітки має бути:

$$\rho = 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}, \quad (4.5)$$

де d – найбільший розмір розрахункової зони (м)

ρ – максимальний розмір секції сітки.

Кількість точок у відповідному вимірі задають найближчим цілим числом d/ρ , відношення довжини до ширини секції повинно бути наближено до одиниці. Смуго 0,5м від стіни вилучаємо з розрахунку.

На другому етапі проводимо вимірювання кількісних показників освітлення від кожного джерела світла згідно вимог до показників точності, засобів та методів вимірів наведених у п.4.1.1.

Кількісні параметри природного освітлення визначаємо шляхом вимірювань та порівняння із нормованими значеннями КПО [14] з використанням розподілу зовнішнього природного світла [32] в залежності від місяця, в якому проводили вимірювання. Визначаємо кількість годин робочого часу, коли можемо використовувати природне світло, виходячи з того що мінімальний рівень сумарної зовнішньої освітленості не менше 5000лк.

Згідно [12], за відсутності природного світла протягом 90 % часу зміни, умови праці оцінюють як шкідливі (1-2 ступінь).

Суміщене, штучне освітлення визначаємо шляхом вимірювань показників СС, та наявність чи відсутність прямого відблиску.

До оцінювання блискавості світлодіодних світильників в документації необхідно надавати інформацію про максимальну яскравість та яскравість фону, так як основним фактором блискавості, що погіршують зорові функції та

створюють дискомфорт є різниця яскравостей. Для розрахунку узагальненого показника дискомфорту (*UGR*) використовуємо формулу, згідно [14].

На теперішній час практично повсюдно (за виключенням США та Канади) для оцінки дискомфортової блискавості використовується рекомендований МКО узагальнений показник блискавості *UGR* (Unified Glare Rating), який дозволяє перейти від якісної оцінки дискомфортової яскравості до розрахункового показника наведеного у формулі 4.6:

$$UGR = 8 \lg \left[\frac{0,25}{L_{\phi}} \sum_{i=1}^N \frac{L^2 \omega}{p_i^2} \right], \quad (4.6)$$

де L – габаритна яскравість i -го блискавого джерела в напрямку очей спостерігача, кд/м²;

ω – розмір тілесного кута, сер;

L_{ϕ} – яскравість фону, кд/м²;

p_i – індекс позиції кожного джерела світла відносно лінії зору;

N – кількість світильників в освітлювальному приладі.

Шкала об'єднаного показника дискомфорту згідно з [109] визначається так: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28.

Об'єднаний показник дискомфорту – міжнародний критерій оцінки дискомфортової блискавості, що зумовлює неприємні відчуття за нерівномірного розподілу яскравостей у полі зору. Показник є безрозмірною величиною від 10 до 30, яку неможливо визначити фотометричними способами, можна лише наближено обчислити.

Об'єднаний показник дискомфорту *UGR* зв'язаний з показником зорового дискомфорту M за формулою 4.7:

$$UGR = 16 \lg M - 4,8, \quad (4.7)$$

При проектуванні об'єднаний показник дискомфорту розраховується інженерним методом за допомогою програмних засобів.

Показник зорового дискомфорту M вираховується за формулою 4.8:

$$M = \left[\sum_{i=1}^N \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2 \cdot L_a} \right]^{0.5}, \quad (4.8)$$

де L_i – яскравість блискавого джерела, кд/м²;

ω – розмір тілесного кута блискавого джерела, сер;

p_i – індекс позиції кожного джерела світла відносно лінії зору;

L_a – яскравість адаптації, кд/м².

Показник зорового дискомфорту M та об'єднаний показник дискомфорту UGR зв'язані між собою за формулою 4.9:

$$M = 10^{\frac{UGR+4.8}{16}}, \quad (4.9)$$

При проектуванні показник зорового дискомфорту M розраховується через об'єднаний показник дискомфорту UGR .

В [109] проведено аналіз показника дискомфорту UGR рекомендованого СІЕ. У разі, якщо цей показник менший від 10, йдеться стосовно незначного дискомфорту, яким можна знехтувати. За величини UGR , меншої від 15, - стосовно достатньо якісної освітлювальної установки.

Аналіз систем освітлення у виробничих приміщеннях та у приміщеннях операторів діючих підприємств, що експлуатуються понад 10 років показав широко вживану практику розташування світлових приладів у лінію незалежно від типу джерел світла. Так розташування (ЛЛ або СД ламп) призводить до максимального дискомфорту в порівнянні з іншими варіантами розміщення світильників. Мінімальні значення UGR визначаються при розташуванні світловим полем. При заміні світильників, якщо не можливо створити поле, більш

ефективним варіантом дотримання нормованих UGR – використання стельових світильників рівномірно розподілені по приміщенню, які додатково створюють більші величини циліндричної освітленості $E_{ц}$. Такі системи освітлення можуть створювати комфортні умови щодо насиченості світлом приміщень.

В світлотехнічних розрахунках [110] UGR обмежує блискавість щодо напруженості зорової роботи, яка зумовлена прямою і відбитою блискавістю, що виникають за рахунок великого контрасту між дуже світлими і дуже темними поверхнями в приміщенні або погляді на предмети, що світяться. За результатами досліджень у якості підвищення безпеки розроблено рекомендації щодо створення комфортного світлового середовища на постійних робочих місцях операторів:

1. Рівень освітленості робочої поверхні повинен відповідати зоровому завданню з урахуванням значущості показника працеспроможності: швидкість сприйняття і переробки інформації, коефіцієнт продуктивності праці, обсяг виконання завдання, коефіцієнт точності виконання завдання, коефіцієнт швидкості прийняття рішень, швидкість безпомилкової обробки інформації та показник безпеки праці в діапазоні 700–900 лк;

2. Обладнання в полі зору без відблиску;

3. Стіни світлих кольорів;

4. Систему штучного освітлення забезпечують стельові світильники, які розташовані рівномірно по приміщенню;

5. Достатньо високий рівень функціонального стану забезпечують використання СД ламп у світильниках з колірною температурою в діапазоні 5700-6000 К забезпечуючи оптимально високий функціональний стан працівника.

З урахуванням проведених досліджень та рекомендацій запропонована методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища, яка дозволяє провести оцінку у виробничому приміщенні при виконанні робіт цілої низки працівників (операторів) з урахуванням напруженості трудового процесу, параметрів світлового середовища та джерел освітлення. Методика дозволяє визначити умови праці з урахуванням ідентифікації небезпек та

прогнозування відхилення показників світлового середовища від діючих норм [14, 53], а також підвищити рівень управління охороною праці та знизити рівень небезпек та виникнення професійних захворювань.

4.2.1 Впровадження методики у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет»

В приміщенні операторів у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» при оцінці світлового середовища була впроваджена «Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища». Акт впровадження представлений у додатку Ж.

Приміщення операторів у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» має розмір 4х4 м, висота 3 м з двома світлопрорізами 1,5х1.8 м, план якого представлено на рис. 4.8.

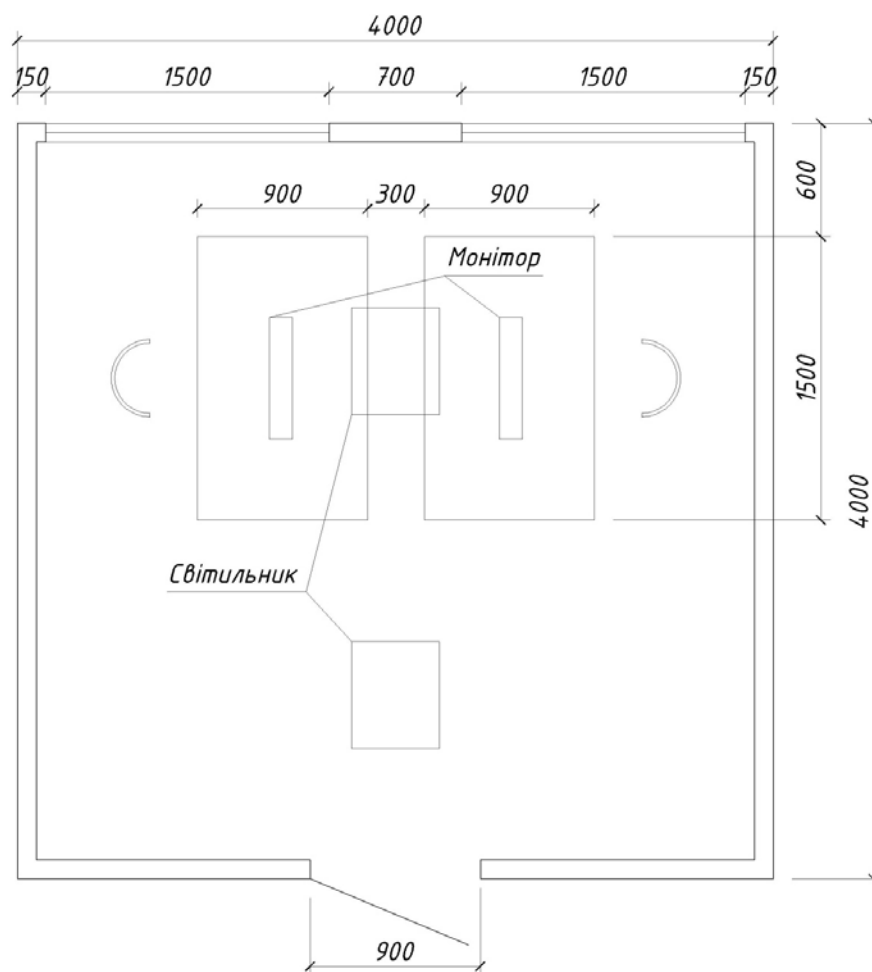


Рис. 4.8 План робочого приміщення з розташуванням робочих місць

Огороджувальні поверхні світлик тонів з коефіцієнтами відбиття стелі $\rho = 0,8$ (побілена поверхня), стіни $\rho = 0,56$ (світлого кольору), підлоги $\rho = 0,3$ (світлий лінолеум). У приміщенні розташовуються робочі столи з коефіцієнтом відбиття $\rho = 0,45$, інше обладнання відсутнє.

Світловий проріз орієнтований на північний захід, заповнений віконним металопластиковим блоком з коефіцієнтами $\tau_1 = 0,8$, $\tau_2 = 0,99$. Висота підвіконня 1м. Світловий проріз не затінений протилежними будинками. Вертикальні жалюзі корегують рівень природного освітлення шляхом затінення зовнішнього світла. Фото потрапляння природного світла на робочі місця представлено на рис. 4.9.

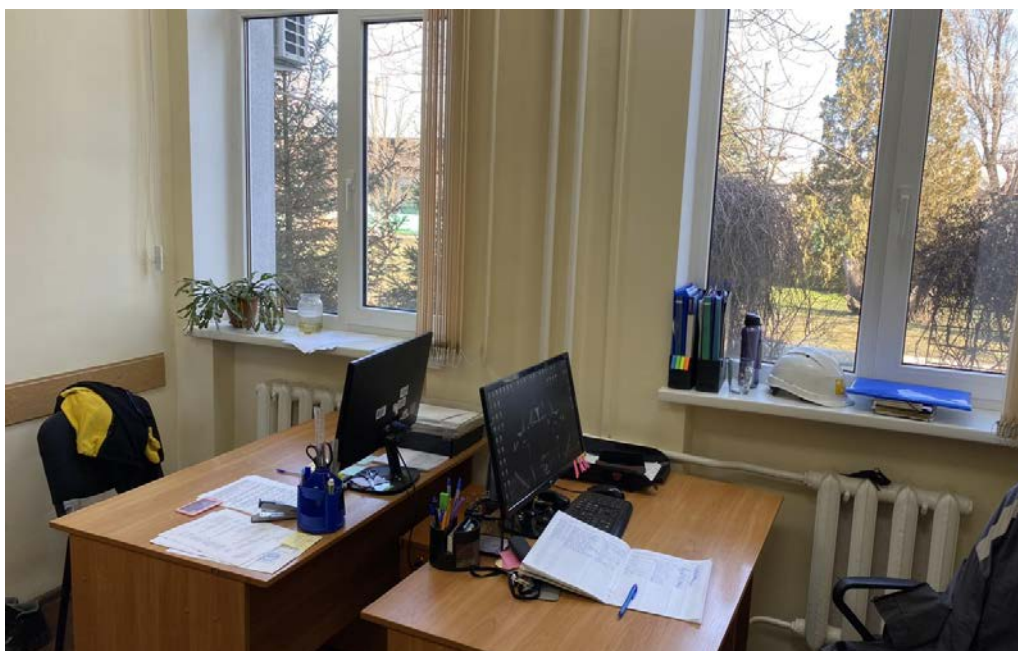


Рис. 4.9 Фото потрапляння природного світла в приміщення оператора.

В кабінеті встановлені два світильники з ламінованими алюмінієвими відбиваючими перегородками, оснащені чотирма ЛЛ лампи Pila 18 W/54h LF. З метою отримання розподілу освітлення в приміщенні та отримання складової штучної освітленості робочого місця, використовували математичну модель з програмним забезпеченням DIALux, який показав, що суміщене освітлення у зоні

робочій поверхні складає 400 лк, графічний розподіл якого представлено на рис. 4.10.

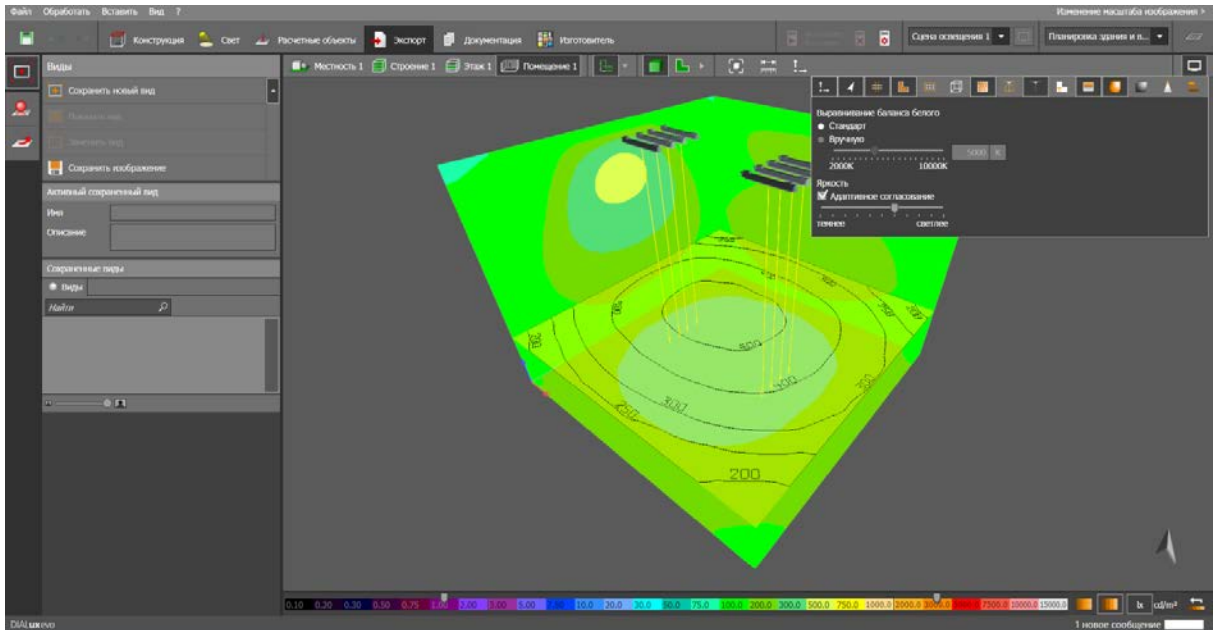


Рис. 4.10 Графічний розподіл ЛЛ освітлення робочої площини

Для забезпечення освітлення на робочих місцях у межах 700–1000 лк запропоновано замінити ЛЛ лампи на СД лампи Philips-WT120C G2 PSU L600 LED19S/840. Графічний розподіл СД освітлення робочої площини представлено на рис. 4.11.

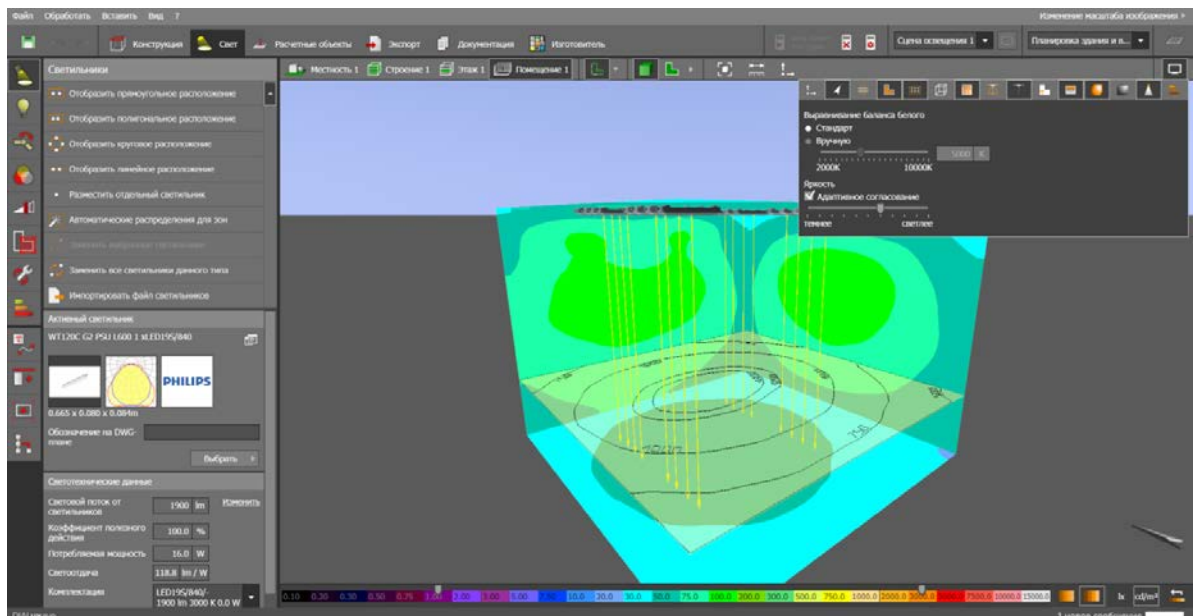


Рис. 4.11 Графічний розподіл СД освітлення робочої площини

Лампа СД має наступні характеристики: світловий потік (при 25°C) 1900 лм, кольорова температура 4000 К (нейтральний білий), показник кольоропередачі $R_a > 80$, ефективність світла 127 лм/W, термін експлуатації 50000 годин. Фотометричні параметри лампи наведені на рис. 4.12.

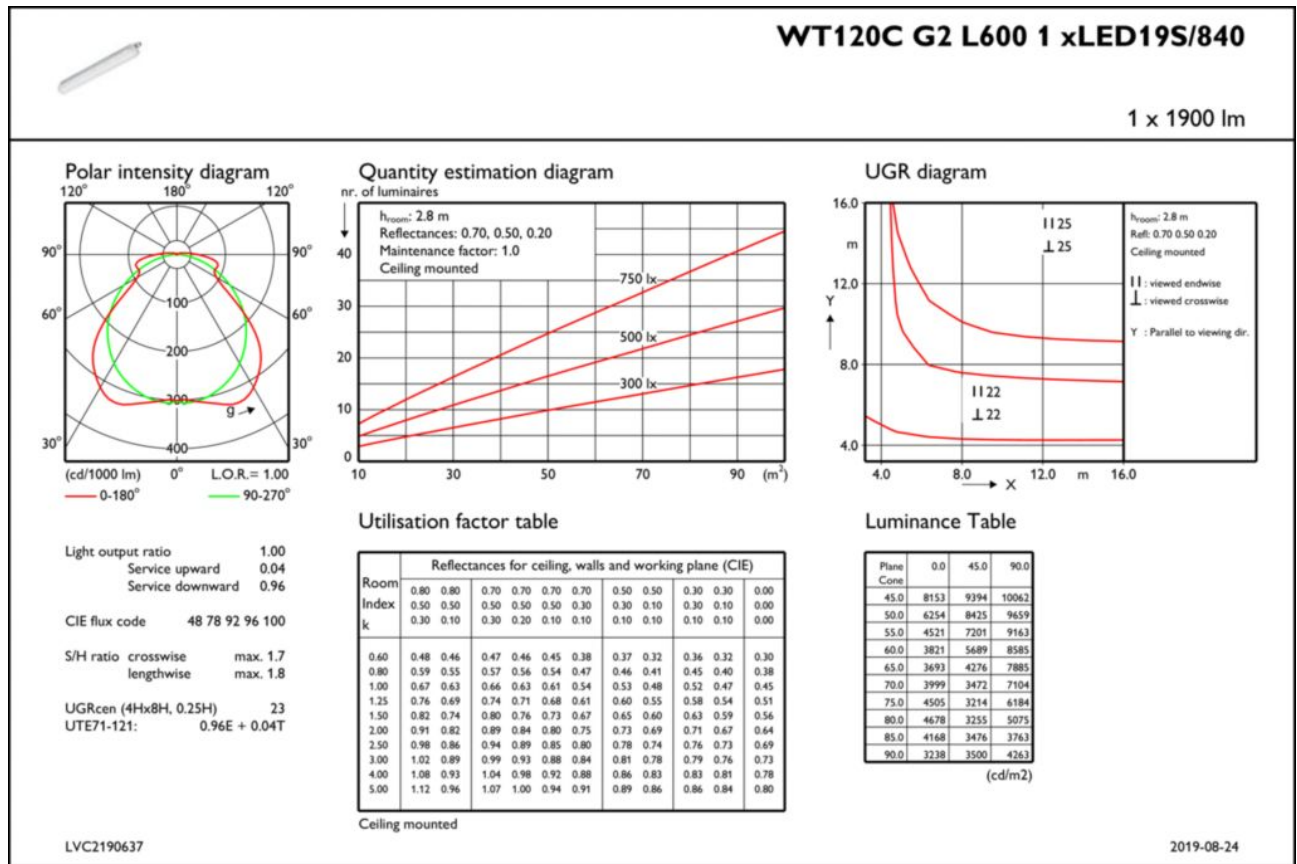


Рис. 4.12 Фотометричні параметри СД лампи Philips-WT120C G2 PSU L600 LED19S/840.

Згідно розробленої методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища та [53], світлотехнічні вимоги для таких приміщень мають бути забезпечені: середньою експлуатаційною освітленістю \bar{E}_m – 500 лк, максимальним граничним значенням номінальної блискавості UGR_L – 19, мінімальним значенням рівномірності освітлення U_0 – 0,60, мінімальним індексом кольоропередачі R_a – 80.

Отримані дані показників працеспроможності після переобладнання систем освітлення (ЛЛ на СД лампи) підтверджує ефективність рекомендацій за

вищезначеною методикою, а саме: K_O підвищився на 14 % ($E_{\Phi}=500$ лк), а при збільшені рівня освітленості на робочому місці $E_{\Phi}=800$ лк – на 25 %; K_{Π} збільшився на 16 % ($E_{\Phi}=500$ лк) і на 18 % відповідно; K_V збільшився на 3,9 % ($E_{\Phi}=500$ лк), а при освітлені на робочому місці $E_{\Phi}=800$ лк – на 4,4 %; V_O збільшився на 33 % ($E_{\Phi}=500$ лк), а при $E_{\Phi}=700$ лк – на 47 %.

Запропонована методика дозволила одержати соціальний ефект за рахунок підвищення безпеки праці робітників та дозволила оцінити ризик виявлення небезпек, провести ідентифікацію небезпек з урахуванням параметрів світлового середовища яка є складовою при управлінні ризиками на виробництві.

4.3 Заходи підвищення рівня безпеки праці операторів на постійних робочих місцях з урахуванням параметрів світлового середовища

Ризик-орієнтований підхід у дослідженнях впливу параметрів СС на умови праці забезпечив отримання інформації на доказовій основі та її аналізування, щоб приймати обґрунтовані рішення у ідентифікуванні важливих чинників, що сприяють ризику поширеності хвороб ока та його придаткового апарату серед працездатного населення.

Використання концепції загального оцінювання ризику [58] показав суттєві вимоги від впровадження такого підходу; як ідентифікуванні вагомих чинників, що сприяють ризикам (втома, зниження працеспроможності, збільшення кількості помилок), і слабких ланок у системах, (неякісне освітлення нижче нормативних рівнів), установлення оточення (об'ємно-планувальні рішення приміщень, де розташовані робочі місця операторів), моніторинг та критичне аналізування (показники праце спроможності та функціонального стану працівників), що визначено ISO 31000. При розробці вищенаведених методик обрано методи та засоби аналізування та оцінювання ризиків: метод структурованого опитування (САН), аналізування першопричин (RCA), метод HAZOR (дослідження небезпечних чинників і працездатності), який може стосуватись всіх видів відхилень від проєкту внаслідок недосконалості, аналізування невизначеності

проекту та експлуатації систем освітлення, складників і дій персоналу та розробки рекомендацій на основі методу RSM, що наведено на рис. 4.13.

Методики дозволяють створити безпечне СС як на стадії розробки проекту так і при експлуатації та забезпечити підвищення безпеки праці.



Рис. 4.13 Ризик-орієнтовний підхід до підвищення безпеки праці

4.4 Впровадження методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища у навчальний процес

У Державному вищому навчальному закладі Придніпровської державної академії будівництва та архітектури на кафедрі безпеки життєдіяльності у навчальний процес впроваджена методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища. Акт впровадження представлений у додатку 3. Запропоновано використовувати методику при викладанні таких дисциплін як: основи охорони праці, охорона праці в галузі, психологія праці та її безпека для здобувачів вищої освіти I та II рівнів підготовки за спеціальністю 263 – Цивільна безпека.

Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища дозволяє визначити умови праці з урахуванням ідентифікації небезпек та прогнозування відхилення показників світлового середовища від діючих норм, а також підвищити рівень управління охороною праці та знизити рівень небезпек та виникнення професійних захворювань.

Висновки до розділу 4

1. Методика оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення, яка розроблена на основі проведених досліджень, дозволила встановити рівні функціонального стану операторів у виробничих умовах в різних системах СС відповідно до освітленості робочого місця ($f \leq 4$ низький, $4 < f \leq 5$ достатній, $5,5 < f \leq 6$ високий) та підвищити його в результаті запропонованих рекомендацій щодо підвищення якості освітлення.

2. За результатами впроваджених рекомендацій щодо використання систем СД освітлення на підприємствах ТОВ «АВ метал груп», ТОВ «Павлогрардінвестбуд отримано соціальний ефект за рахунок зменшення фази втом, напруженості праці на 17 %, що зумовлює підвищення продуктивності праці та забезпечення безпеки.

3. На основі проведених досліджень розроблена методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища, яка дозволяє провести оцінку у виробничому приміщенні при виконанні робіт цілої низки працівників (операторів) з урахуванням напруженості трудового процесу, параметрів світлового середовища та джерел освітлення. Методика дозволяє визначити такі умови праці з урахуванням ідентифікації небезпек та прогнозування відхилення показників світлового середовища від діючих норм, а також знизити рівень небезпек від неякісного освітлення та поширення професійно обумовлених захворювань ока та його додаткового апарату.

4. Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища впроваджена у АТ «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» яка дозволила оцінити ризик виявлення небезпек щодо експлуатації систем СС, провести ідентифікацію небезпек з урахуванням параметрів світлового середовища, дозволила знизити напруженість праці за рахунок підвищення показників працеспроможності від 3,9 % до 47 % та одержати соціальний ефект за рахунок підвищення безпеки праці робітників.

5. Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища може бути використана для проектування виробничих приміщень, проведення внутрішнього аудиту умов праці та вдосконалення відповідних санітарних і будівельних норм.

6. Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища впроваджена у навчальному процесі при викладанні дисциплін: «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» та «Психологія праці та її безпека» для здобувачів вищої освіти I та II рівнів підготовки за спеціальністю 263 – Цивільна безпека. Акт впровадження представлений у додатку 3.

Список використаних джерел у розділі 4

У розділі 4 використані [107...110] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу травматизму та профзахворювань в Україні виявлено, що останні роки серед причин нещасних випадків переважають організаційні (60-70 %, в деяких областях більше 80 %), психофізіологічні (24,3 –32,4%), технічні (3,45 %). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у світі 150 млн. хворих зі значним зниженням зорових функцій, що свідчить про недосконалість світлового середовища на робочих місцях.

2. Згідно класифікатору професій в Україні при виконанні робіт ціла група працівників знаходяться в споріднених умовах праці, що пов'язано з сприйняттям, переробкою інформації зоровим аналізатором, прийняттям рішення та відтворення обробленої інформації з застосуванням ВДТ. Визначено, що для 87% досліджених робочих місць означеної категорії працівників, які умовно названі «оператори», параметри світлового середовища не відповідають нормам, що обумовлює необхідність проведення дослідження впливу параметрів світлового середовища на функціональний стан працівників при напруженості трудового процесу.

3. Встановлено залежність функціонального стану операторів на постійних робочих місцях від рівнів освітленості та колірної температури в діапазоні 300–1000 лк, що дозволило оцінити напруженість праці операторів.

4. Розроблено алгоритм комплексної оцінки умов праці операторів на постійних робочих місцях на основі гігієнічної класифікації умов праці за фактором світлового середовища та загальній концепції дослідження освітлення в приміщеннях.

5. Встановлено, що обрані методики психічної діяльності та працеспроможності за тестами Бурдона на паперовому носії і Тулуз-П'єрона на моніторі відтворюють зміст трудового процесу операторів, а аналітичні показники працеспроможності корелюються параметрами світлового середовища.

6. Проведено оцінку умов праці в різних системах світлового середовища від змісту роботи оператора в різних системах світлового середовища із застосуванням DIALux з виявленням обсягу сприйняття інформації, концентрації,

стійкості і переключення уваги, зорового сприйняття простору, а також швидкості переробки інформації оператором точності виконання робіт шляхом дослідження напруженості праці.

7. Встановлені закономірності зміни працеспроможності операторів від освітленості робочих місць на основі проведених досліджень швидкості сприйняття та переробки інформації, що дозволило підтвердити гіпотезу – оператор при збільшенні інформації на моніторі має нижчий показник пропускну здатності ніж при роботі на паперовому носії, що необхідно враховувати при точності виконання завдання та безпеки технологічних процесів.

8. На основі проведених досліджень розроблено та впроваджено методику комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища, яка дозволяє провести оцінку умов праці у виробничому приміщенні при виконанні робіт операторів з урахуванням напруженості трудового процесу, параметрів світлового середовища, джерел освітлення та підвищити безпеку працівників на робочому місці шляхом розробки організаційно-технічних заходів з підвищення рівня безпеки операторів на постійних робочих місцях, підвищити показники працеспроможності від 3,9 % до 47 %.

9. Одержані результати дисертаційної роботи впроваджені: на підприємствах ТОВ «АВ метал груп», ТОВ «Павлогрардінвестбуд», Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» та у навчальному процесі при викладанні дисциплін на кафедрі безпека життєдіяльності у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури, що дозволяє визначити умови праці з урахуванням ідентифікації небезпек та прогнозування відхилення показників світлового середовища від діючих норм, знизити рівень небезпек та виникнення професійних захворювань. а також підвищити безпеку праці на постійних робочих місцях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Охорона праці і пожежна безпека [Електронний ресурс]: журнал. Режим доступу: <http://oppb.com.ua/articles/ohorona-praci-v-ukrayini-ta-za-kordonom-systema-menedzhmentu-ohorony-zdorovya-ta> (дата звернення: 03.03.2020). Назва з екрану.
2. Европейская служба внешних связей [Электронный ресурс]: официальный сайт ЕС. Режим доступа: https://eeas.europa.eu/ru/eu-information-russian/8160/europa-analytics_ru (дата обращения: 03.03.2020). Название с экрана.
3. International Labour Organization [Electronic resource]: ILO is a specialized agency of the United Nations. Access mode: <https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm> (date of the application: 03.03.2020). Title from screen.
4. Риков С. О. Захворюваність на хвороби ока та його придаткового апарату, їх поширеність серед населення України / С. О. Риков, В. А. Васюта // Здоров'я нації. – 2011. – 4(20). – С. 7-11.
5. Густов А. В. Практическая нейроофтальмология / А. В. Густов, К. И. Сигрианский, Ж. П. Столяров. – В 2-х т. Т. 1. – Н.В. Новгород : Изд-во Нижненовгородской гос. мед. академии, 2000. – 264 с.
6. Риков С. О. Вплив медикосоціальних факторів на поширеність захворювань органа зору серед населення України і на діяльність офтальмологічної служби та напрямки її реформування / С. О. Риков // Військ. медицина України. – 2003. – № 3/4. – С. 44–50.
7. Салдан Й. Р. Класифікація атрофії зорового нерва / Й. Р. Салдан, І. В. Галінська // Офтальмол. журнал. – 2003.– № 6. – С. 93–95.
8. Трон Е. Ж. Заболевания зрительного пути / Е. Ж. Трон. – М., 1968. – 256 с.
9. Иоффе К. И. Биологическое влияние света на организм человека. Світлотехніка та електроенергетика. 2008, №3, С. 21-29.
10. Медведовська Н. В. Захворюваність органа зору / Н. В. Медведовська // Вісник наук. досліджень. – 2000. – № 1 (17). – С. 15–17.

11. Нагорна А. М. Стан офтальмологічної захворюваності населення України / А. М. Нагорна, С. О. Риков, Д. В. Варивончик // Офтальмол. журнал. – 2003. – № 3. – С. 28–33.

12. ДСНтаП Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Чинний від 2014-04-08]. Вид. офіц. Київ: Затверджений Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 248, 2014. 33 с.

13. Класифікатор професій України ДК003:2010 (зміна №1 – №923 від 16.08.2012; зміна №2 - №1361 від 18.11.2014; зміна №3 - №1084 від 02.09.2015; зміна №4 – №394 від 04.03.2016; зміна №5 - №1328 від 10.08.2016; зміна №6 - №1542 від 26.10.2017; зміна №7 - №1744 від 30.11.2017; зміна №8 - №259 від 15.02.2019) [Чинний від 2010-11-01]. Вид. офіц. Київ: Затверджений наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики № 327, 2010. 567 с.

14. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.

15. Г. Ван Бельд. Освещение и самочувствие человека/Светотехника, 2004, №6, С. 11-14.

16. Безпека життєдіяльності [текст]: підручник. / [О. І. Запорожець, Б. Д. Халмурадов, В. І. Применко та ін.] – К. : «Центр учбової літератури», 2013. – 448 с.

17. Нарисада К. Баланс между энергией, окружающей средой и зрительной работоспособностью // Светотехника. -2000. - №1. С. 4-10.

18. Ван Боммель В., Ван ден Бельд Г., Ван Оойжен М. Промышленное освещение и производительность труда // Светотехника. - 2003. - №1. - С. 8-12.

19. Скобарева З. А., Текшева Л. М. Биологические аспекты гигиенической оценки естественного и искусственного освещения // Светотехника. -2003. - №4. - С.7-13.

20. Begermann S. H. A. Daylight, artificial and people in an office environment, overview of visual and biological responses // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 1997. - Vol.20, №4. – P. 231-239.

21. Partonen T. Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people // *Journal of Affective disorders*. – 2000. - Vol.57, №3. - P. 55-61.

22. Ронки Л. Р. Зрительный баланс как одна из компонент пространственного восприятия // *Светотехника*. -2003. - №3. - С. 25-29.

23. Cajochen C. Dose response relationship for light intensity and ocular and encephalographic correlates of human alertness // *Sleep research Online*. – 1999. Vol.2, sup. – P. 517.

24. Zeitzer M. Z. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression // *Journal of Physiology*. -2000. Vol.3, № 526. – P. 695 – 702.

25. Брейнард Г. К., Гликман Г. Л. Биологическое влияние света на здоровье и поведение человека // *Светотехника*. - 2004. - №1. - С.4-8.

26. Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. Аналіз зміни умов праці робочих місць при модернізації виробництва // *Геотехнічна механіка. Міжвідомчий збірник наукових праць. Головний редактор академік НАН України А. Ф. Булат. Випуск 128. Дніпро -2016.*

27. Wout van Bommel DYNAMIC LIGHTING AT WORK – BOTH IN LEVEL AND COLOUR – 2006 Ottawa, Dynamic Lighting January 2006. P. 1-7.

28. Ронки Л. Р. Оценка светлотных реакций в поле зрения при «интрадианном» смешанном освещении // *Светотехника – Москва*. 2011. № 61 – С. 21-26.

29. Тищенко Г. А., Серебрякова Л. В. Нормирование освещения с учетом производительности труда // *Труды НИИСФ. Вып.13. –М.: Госстрой СССР, 1975. – С. 17-23.*

30. Методы исследования восприятия, внимания и памяти: Руководство для практических психологов. / Е. А. Андронникова, Е. В. Заика. – Харьков, 2011. - 161с.

31. Медицинская психология: методические указания для самостоятельной работы студентов медицинского факультета // А. М. Кожина, В. Л. Гавенко, Г. А. Самардакова, В. М. Синайко, Т. П. Мозговая, В. И. Коростий, Н. В. Гавенко, Л. М. Гайчук, М. Н. Хаустов, И. Н. Стрельникова, А. А. Черкасова, И. М. Соколова – Харьков, 2014. – 122с.
32. Рабич Е. В. Улучшение условий труда на постоянных рабочих местах по фактору освещения: дис.к-та техн. наук: 05.26.01/ПДАБА. Д., 2004. 175 с.
33. В. Ван Боммель Качество освещения и энергоэффективность: критический обзор // Светотехника – Москва. 2011. № 1 – С. 6-11.
34. Ронки Л. Р. О суточной изменчивости зрительных функциональных возможностей // Светотехника – Москва. 2009. № 6 – С. 21-27.
35. Батурин Н. А., Вучетич Е. В., Костромина С. Н., Кукаркин Б. А., Куприянов Е. А., Лурье Е. В., Митина О. В., Науменко А. С., Орёл Е. А., Полетаева Ю. С., Попов А. Ю., Потапкин А. А., Симоненко С. Д., Сеницына Ю. Д, Шмелёв А. Г. [Российский стандарт тестирования персонала \(временная версия, созданная для широкого обсуждения в 2015 году\)](#) (рус.) // Организационная психология. – 2015. – Июнь (т. 5, вып. 2). – С. 67–138.
36. Назаренко Л. А. Оценка биологического действия света / Л. А. Назаренко, К. И. Иоффе, Е. П. Тимофеев // Світлотехніка та електроенергетика – Харків, 2007. – № 3 – 4. – С.4.
37. Овчинников С. С. Оценка эффективности влияния световой среды на организм человека / С. С. Овчинников, А. А. Серобаба // Светотехника и электроэнергетика. – Харків 2008. – №4. – С.4-10.
38. Гвозденко Л. А. Вивчення біологічної дії видимого електромагнітного випромінювання з урахуванням спектра та інтенсивності штучних і природних джерел/ Л. А. Гвозденко, В. А. Стежка, І. В. Блакита [та ін.] // Мед. тр. и пром. экол. – Москва 2000. – № 2. – С. 11–14
39. Гвозденко Л. А. Физиологические реакции организма при действии света энергосберегающих систем освещения / Л. А. Гвозденко, Н. С. Тихонова, И. Н. Чередниченко, А. Ю. Беседа, Н. С. Леоненко // Український журнал з проблем

медицини праці – Київ 2010. – №4(24). – С.44

40. Berson D. M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. / D. M. Berson, F. A. Dunn, Takao Motoharu // Science – February 2002. – №8. – PP.1070- 1073.

41. Аршавський В. Ю. Передача сигналів фоторецепторами: підтримка зору в широкому діапазоні інтенсивності світла / Аршавський В. Ю., Мари Э. Бернс // J Biol Chem. – 13 января 2012. – №287 (3). С. 1620–1626.

42. Brainard G. C. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor / G. C. Brainard, J. P. Hanifin, J. M. Greeson, M. D. Rollag, Brenda Byrne, Gena Glickman, Edward Gerner, // The Journal of Neuroscience. – 15 August 2001. – №21. – PP.14-20.

43. Айзенберг Ю. Б. О концепции прогноза развития светотехники / Ю. Б. Айзенберг, Г. Р. Шапарунянц // Светотехника.– Москва 2000. – № 5. – С. 2–4.

44. Неровный В. Л. Osram – свет третьего тысячелетия / В. Л. Неровный, Р. Хартман // Светотехника. – Москва 1999. – № 2. – С. 33–42.

45. Абрамова Л. В. Психологическая и гигиеническая оценка освещения высокоэффективными источниками света / Л. В. Абрамова, С. А. Амеликина, О. Е. Желуникова, Е. И. Мясоедова // Светотехника.– Москва 2001. – №3. – С.13–15.

46. Brainard G. C. Photoreception for regulation of melatonin and the circadian systems in humans / G. C. Brainard // Fifth International LRO lighting research symposium. Orlando. – 2002.

47. Markwort M. S. Effect of light in schools / M. S. Markwort, Claus Barkmann, Nino Wessolowski // Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency – 14-17 March 2010 – PP.229.

48. Анисимов В. Н. Хронометр жизни / В. Н. Анисимов // Природа. – Москва 2007. – № 7. – С.3–10.

49. Корнага В. І. Методи та засоби побудови інтелектуальних систем освітлення на основі синтезу білого світла із заданими спектральними характеристиками: дис.к-та техн. наук: 05.12.10/ІФН. К., 2017. 162 с.

50. В. А. Капцов, В. Н. Дейнего Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема / Анализ риска здоровью. – 2016 №1 (13). – С. 15-25.

50. Шаракшанэ А. Влияние освещения на циркадный ритм человека, «опасность синего света» / А. Шаракшанэ // Полупроводниковая светотехника – Москва 2012. – №4. – С.52-56.

51. Серобаба А. А. Сравнительный анализ современных источников света по циркадной эффективности / А. А. Серобаба // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков 2010. – №95. – С.137-144.

52. ДСТУ EN 12464-1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця (EN 12464-1:2011, IDT). [Чинний від 2017-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 47 с.

53. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.

54. Основи охорони праці: підручник / А. С. Беліков, Б. В. Болібрех, В. А. Шаломов [та ін.]; під заг. ред. А. С. Белікова. – 2-е вид. – Дніпро: ПП «Кулик В.В.», 2019. – 452 с.

55. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний підручник / Під загальною редакцією засл. діяча науки і техніки в Україні, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро: Журфонд, 2020. – 366 с.

56. Schubert E. F. Solid-State Light Sources Getting Smart / E. F. Schubert, J. K. Kim // Science. – 2005. – Vol. 308. – № 5726. – PP.1274–1278.

57. Про деякі аспекти удосконалення системи охорони праці в Україні / В. Г. Здановський, О. В. Цибульська // Проблеми охорони праці в Україні. - 2017. - Вип. 33. - С. 3-14.

58. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. (ІЕС/ISO31010:2013). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015, 73 с.

59. Ризик-орієнтований підхід визначення умов праці на робочих місцях / О. В. Третьяков, С. В. Нестеренко, Є. В. Доронін, М. М. Головенко //

Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2018. – Вып.105. – С. 131–138. – (Безопасность жизнедеятельности).

60. ДСТУ EN1050:2003 Безпечність машин. Принципи оцінювання ризику. (EN 1050:1996, IDT). [Чинний від 2004-10-01]. Вид. офіц. Київ Держспоживстандарт України, 2005, 47 с.

61. Іоффе К. І. Циркадне освітлення: визначення, вимірювання, нормування / К. І. Іоффе // [Вост.-Европ. журн. передових технологій](#). - 2012. - № 6/8. - С. 59-62.

62. Ван Ден Бельд Г. Свет и здоровье. *Светотехника*. 2003. №1, С. 4-8.

63. В. А. Капцов, В. Н. Дейнего Нарушение меланопсинового эффекта сужения зрачка – фактор риска заболевания глаз. *Анализ риска здоровью*. 2017. - № 1. – С. 132-148.

64. З. В. Повч Динаміка та регіональні особливості захворюваності населення України на хвороби ока та його придаткового апарату. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2014. – № 3(61) – С. 35-41.

65. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2016 рік / МОЗ України, ДУ «УІСД МОЗ України». – Київ, 2017. – 516 с.

66. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2017 рік / Укр. ін-т стратег. дослідж. МОЗ України ; редкол.: П. С. Мельник [та ін.]. - Київ : Медінформ, 2018. - 458 с.

67. Методики диагностики эмоциональной сферы: психологический практикум / сост. О. В. Барканова [серия: Библиотека актуальной психологии]. – Вып.2. – Красноярск: Литера-принт, 2009. – 237 с.

68. Wout van Bommel Dynamic lighting at work – both in level and colour cie [Electronic resource]: Dynamic Lighting. Access

mode:https://www.researchgate.net/publication/228487691_Dynamic_Lighting_at_work-both_in_level_and_colour (date of the application: 02.08.2019). Title from screen.

69. В. А. Капцов, В. Н. Дейнего Формирование оптимальной световой среды – актуальная гигиеническая проблема. *Гигиена и санитария*. 2017. - №96(10). – С. 933-940.

70. Boyce P. R. Lightinng research for interiors: the beginning of the end, or the end of the beginning // *Lighting Res. Technol.* – 2004. – Vol. 36. – P. 283-294.

71. Макаренко Н. В. Психофизические функции человека и операторский труд / Н. В. Макаренко. – К.: Наукова думка. 1991. – 206 с.

72. Використання методик психічної діяльності працівників для створення сприятливого світлового середовища / Рабіч О. В., Мещерякова І. В. / *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Вып. 99 / ГВУЗ «Приднепр. гос. академия стр-ва и архитектуры»*; под общей редакцией В.И. Большакова – Днепр, 2017. – 228 с. (в обл.) – Серия: Создание высокотехнологических экомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития.

73. Кожина А. М. Медицинская психология: методические указания для самостоятельной работы студентов медицинского факультета / А. М. Кожина, В. Л. Гавенко, Г. А. Самардакова [и др.] // – Харьков, 2014. – 122 с.

74. Психологическая диагностика сфер личности: лабораторный практикум / Урал. гос. пед. ун-т; авт.-сост. Ю. Е. Водяха – Екатеринбург: 2018. – 220 с.

75. Баклицький І. О. Психологія безпеки праці / І. О. Баклицький. – К.: Знання, 2008. – 655 с.

76. Сравнение ламп ДРЛ, ДНаТ и ламп на светодиодах (СД). ООО «Компания ЭВИС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evis-energy.ru/powersafe-technology/diod/19-sravnenie-lamp-drl-dnat-i-lamp-na-svetodiodaxsd.html> (дата обращения: 20.09.2017). Название с экрана.

77. Скобарева З. А., Текшева Л. М. Биологические аспекты гигиенической оценки естественного и искусственного освещения // Светотехника. – 2003. - № 4. – С. 7-13.

78. Вплив світлового середовища на зорову працеспроможність оператора /Мещерякова І. В., Рабіч О. В., Чумак Л. О. / Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. Вып. 101 / – Днепр, ГВУЗ «ПГАСА», 2017. – С. 160-165.

79. Капцов В. А., Сосунов Н. Н., Викторов В. С., Тулушев В. Н., Дейнего В. Н., Бухарева Е. А., Мурашова М. А., Шищенко А. А. Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света // Гигиена и санитария. – 2014. – № 4. – С. 120-123.

80. Дейнего В. Н., Капцов В. А. Гигиена зрения при светодиодном освещении. Современные научные представления // Гигиена и санитария. – 2014. – № 5. – С. 54-58.

81. Дейнего В. Н., Капцов В. А. Свет энергосберегающих и светодиодных ламп и здоровье человека // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 81-84.

82. Капцов В. А., Дейнего В. Н., Сощин Н. П., Уласюк В. Н. Гигиена и спектрально-энергетический паттерн света // Гигиена и санитария. – 2017. – Том 96 № 2. – С. 101-106.

83. Капцов В. А., Дейнего В. Н. Риски влияния света светодиодных панелей на состояние здоровья оператора // Анализ риска здоровью. – 2014. – №4. – С. 37–46.

84. Капцов В. А., Дейнего В. Н., Уласюк В. Н. Энергетический потенциал митохондрий в условиях светодиодного освещения и риски заболевания глаз // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 175–184.

85. С. В. Шпак, В. Г. Мартиросова, Т. В. Сахно, Г. М. Кожушко Напрямки вдосконалення стандартів на світлодіодну техніку та освітлення з її

використанням // Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка Комунальне господарство. – 2020 – том 1 – вип. 154 – С. 57-66.

86. В. Ван Боммель Качество освещения и энергоэффективность: критический обзор // Светотехника. – 2011. - № 1. – С. 6-11.

87. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки адміністративного і побутового призначення [Чинний від 2011-10-01] Вид. офіц. Київ Мінрегіонбуд України, 2011, 52 с.

88. ДСТУ Б В.2.2-29:2011 Будівлі підприємств [Чинний від 2012-12-01] Вид. офіц. Київ Мінрегіон України, 2012, 16 с.

89. Можливості використання природного освітлення в Придніпровському регіоні / Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. / Освіта і наука у мінливому світі: проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної наукової конференції. 29-30 березня 2019р., м. Дніпро. Частина I / Наук. ред. О. Ю. Висоцький. – Дніпро: СПД «Охотнік», 2019. – С. 314-315.

90. Проблема створення безпечного та комфортного світлового середовища на робочому місці / Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. / Вісник ДВНЗ ПДАБА Науково-практичний журнал №5 (245-246) вересень-жовтень 2018 р. – С. 54-60.

91. Гуторов М. М. Сборник задач по основам светотехники: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 128 с.

92. Про доповнення до додатку ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» / Василенко О. Б. / Проблемы теории и истории архитектуры Украины. – 2016 – Вып. №16.

93. To the state building norms Ukraine (В.2.5-28-2018) «Natural and artificial lighting» / Vasilenko A. B., Namchuk A. V. / Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2019. – Вип. №75. – С. 9-15.

94. Засименко В. М. Основи теорії планування експерименту. Навч. посібник. – Львів: Видав. ДУ «ЛП», – 2000. – 205 с.

95. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. - Київ: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 240 с.

96. Кремер Н. Ш. Теория вероятности и математическая статистика: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.

97. 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. Сборник научных трудов*. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. Днепро, 2016. Вып. 91. С. 63-69.

98. 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*. Dnipro, 2020. P. 37-40.

99. Рабич Е. В., Чумак Л. А., Лаухина Л. Н., Мещерякова И. В. Психофизиологические особенности безопасности труда операторов при изменении параметров световой среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. Серия: Стародубовские чтения*. Днепро, 2016. Вып. 89. С. 151-158.

100. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Чинний від 1999-12-01] Вид. офіц. Київ МОЗ, 1999, 15 с.

101. Тест Тулуз-Пьерона онлайн версия. [Электронный ресурс]: Интерактивный портал-книга методик саморазвития и достижения успеха. Режим доступа: https://metodorf.ru/tests/korrekt/tuluz_peron.php (дата обращения: 12.01.2020). Название с экрана.

102. Кожохіна О. В. Інформаційно-функціональна модель надійності оператора аеронавігаційних систем: дис....к-та техн. наук: 05.22.13/НАУ. К., 2015. 203 с.

103. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні [Чинний від 2020-01-01] Вид. офіц. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2019, 192 с.

104. Василенко І. Ф. Вплив концепції невизначеності вимірювань на метрологічну діяльність. *Наукові записки*. Кіровоград, 2016. Вип.19. С. 58-68.
105. Методика измерений показателей световой среды для целей специальной оценки условий труда. МИ СС.ИНТ–07.01–2018. Клинский институт охраны и условий труда. Москва, 2018, 28 с.
106. 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.
107. ДСТУ EN 12665:2015 Свет и освещение. Основные термины и критерии для определения требований освещения (EN 12665:2011, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2016. 66 с.
108. CIE 117-1995 Discomfort glare in interior lighting. Access mode: <http://cie.co.at> > publications (date of the application: 03.03.2020). Title from screen.
109. Васильєва Ю.О., Ляшенко О. М. Оцінка об'єднаного показника дискомфорту у програмі DIALUX, Метрологія та прилади, Харків, 2017. № 2 С. 30-34.
110. Посібник до ДБН.В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» Розроблено на замовлення програми UNDP в Україні / Перше видання, за ред. М. О. Любича, Ю. С. Громадського, І. Ю. Черкашина. - Київ: ДІА, 2019. - 180 с.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

1. Рабич Е. В., Чумак Л. А., Лаухина Л. Н., Мещерякова И. 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 И. 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. Рабич О. В., Чумак Л. О., Мещерякова И. В., Лаухина 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. Рабич О. В., Мещерякова И. 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: Безопасность жизнедеятельности. 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).

**Результати тестування за методикою діагностики оперативної самооцінки
САН в залежності від параметрів світлового середовища у виробничих
умовах**

№	Рівень освітленості робочої поверхні E, лк	Результати тестування за шкалою САН в системах освітлення											
		природне			суміщене								
		С ¹	А ²	Н ³	ЛЛ				СД				
⁰ Т	С				А	Н	⁰ Т	С	А	Н			
1	82	5,1	2,9	5,7	2700	4,3	2,8	4,9	Системами СД освітлення забезпечується рівень освітленості з 200 лк				
2	90	5,1	3	5,7	2740	4,5	2,1	5,6					
3	92	4,9	3	5,8	2750	4,5	2,7	4,8					
4	94	5	3,1	4,8	2600	3,2	2	5,1					
5	100	5,1	3	3,3	3700	3,2	3,1	4,9					
6	125	3,8	3,4	5,6	3800	3,4	2,8	4,1					
7	132	4	2,9	5,1	3800	3,5	3,4	4,6					
8	165	4,1	3	4,9	3900	5	3,7	5,2					
9	170	3,9	3,1	4	3900	4,9	3,8	5,1					
10	180	3,9	4,2	5,3	4050	3,8	4,7	4,9					
11	192	4,1	2,7	5	4200	4,2	4,5	4,6					
12	210	5,2	4,8	5,1	4350	5,1	4,9	5,3	5560	4,6	4,9	4,8	
13	225	4	3,9	5,1	4400	4,8	3,9	5,3	5620	4,8	5	5,1	
14	230	4,4	4	3,9	4420	4,5	4	4	5540	5	4,7	4,9	
15	250	4,2	4,1	4,1	4700	4,6	4,1	4,8	5600	5,1	5,3	5	
16	265	4,5	4,2	4,3	4679	5,6	4	5,1	5605	4,7	4,9	4,8	
17	270	5	4	5,8	4740	5,2	4,1	3,8	5610	4,3	5	4,7	
18	275	4,9	3,9	5,1	4900	5,1	3,9	3,7	5610	4,5	3,8	4,6	
19	282	5,1	5,2	4	5000	4,9	3,9	4	5510	4,8	3,9	5,0	
20	290	5	4,3	4,1	5100	5,4	4,8	5	5530	4,9	4,7	4,9	
21	296	4,8	4,4	4,2	4205	4,7	3,8	5,1	5540	5	4,8	5,4	
22	300	5	2,5	5,6	4307	4,9	4,1	4,9	5530	5	4,9	5,3	
23	312	5,1	3,8	3,9	5000	4,8	4,4	4,3	5640	5	5,2	4,9	
24	320	4,7	3,9	4,4	4400	4,6	4,2	3,9	3800	4,9	3,8	4,8	
25	330	4,9	5,1	3,7	4300	4,2	4	3,7	5570	5	4	4,9	
26	345	4,8	5	3,9	4670	4	4,9	4,6	5560	5,1	4,2	5	
27	365	4,9	5,2	5,3	4700	4,3	4,7	5	5560	5,2	5	5,1	
28	370	5	4,8	4,7	4715	5,1	4,8	4,9	5430	4,8	5,7	5	
29	382	3,8	4,2	4,9	4890	5,7	4,9	5,1	5500	4,7	5,2	4,9	
30	394	4,6	5	4,1	4780	5,2	3,9	5	5640	5,5	5,4	5	
31	410	4,5	5,1	3,9	4800	4,7	2,5	5,7	5650	5,4	5	5,2	
32	415	4,7	5,2	4,1	4850	4,1	3,9	5,6	5300	4,7	3,9	5,1	

33	420	4,5	4,2	4,3	5000	5,3	2,8	6	5400	4,8	4,1	5,3
34	425	4,9	4	3,9	4750	4,7	3,8	5,1	5400	5	4,8	5,1
35	430	4,8	3,9	4,1	4780	5,6	3,3	6,4	5370	4,9	5	5,2
36	440	5,6	2,0	5,9	4900	4,8	3,9	5,7	5540	5,2	4,9	5,3
37	445	5,2	3,7	4,1	4850	4,9	4,2	5,2	5300	5,4	5,1	5,6
38	450	5	3,1	4,8	5200	5,1	4,3	5	5650	5,3	5,2	5,1
39	465	4,9	3,6	4,9	5700	5,5	4,9	5,2	5800	5,6	5,3	5,2
40	470	4,6	3,9	5,1	5650	5,3	5,1	5	6000	6	5,8	5
41	480	3,8	4,1	4,7	5150	5,4	4,3	5,1	5500	5,6	6,1	6,5
42	485	4,2	4	4,6	5100	6	5,9	6,1	6000	5,7	5,9	6
43	495	4,7	3,8	5,1	5740	5,6	4,1	5,2	6050	5,9	6	6,1
44	500	4,8	4,2	4,9	5870	5,3	4	4,4	6100	5,8	5,4	5,9
45	510	4,9	4,7	5	5770	5,5	4,5	4,7	5600	6	6,4	6,1
46	515	5,1	4,6	3,6	5840	5,4	4,6	4,7	5560	6,1	5,9	5,8
47	530	5,5	4,9	5,2	5840	5,3	4,7	4,9	5400	6	6,5	5,9
48	534	5,3	5	4,9	5900	5,4	5,2	5	5540	6,9	6,1	6
49	540	5,2	5	5	5900	5,6	6,1	6,6	5500	6,7	6,2	6
50	542	5,3	5,1	5,2	5890	5,9	6,2	6,3	6070	6,7	6	6,8
51	550	5,1	4,8	5	5436	4,6	5	5,5	5880	5,5	5,3	5
52	555	5,4	5,1	4,8	5500	5,9	5,5	6	5790	5,5	5,6	5,1
53	562	5,6	5,5	5,8	5590	6	6,1	6	6020	5,7	6	5,8
54	570	5,7	6,2	6,5	5790	6,8	6	6,1	5990	6,8	6,6	6
55	574	6	6,5	6	5670	6,2	5,8	6,3	5620	6,3	6,6	6,9
56	580	6,5	6	5,9	5900	6,4	6,1	6,3	5670	6,1	6,5	6,9
57	585	6	6,1	5,9	5990	6,4	6,1	6,8	5980	6,5	6,2	6,8
58	590	5,8	5,7	6	6000	6	6,4	6,2	6100	6,7	6,8	6,1
59	595	5,6	5,8	6,1	5790	5,6	6	6,1	5600	6,2	6,9	5,9
60	600	5,8	6,3	5,3	5890	5,8	5,9	6,1	5900	6	5,9	7
61	605	5,9	5,5	6	5640	5,9	7	6,2	5790	6,3	6,5	6,1
62	610	5,4	5,7	5,1	5570	6	5,8	6,7	5680	6,4	6	6,7
63	615	5,6	5,5	5,9	5600	5,9	6,3	6	5510	6,7	6,1	6,5
64	618	5,4	5,6	6	5780	5,2	6	5,5	5327	5,5	5,1	5,7
65	625	5,6	5	5,8	5980	5,6	6	5,9	5500	6	5,9	6,1
66	630	5,4	5,8	5,3	5770	5,7	6	5,9	5490	6,1	6,8	7
67	632	5,9	6	6,2	5800	5,8	6,3	6,1	5500	6,4	6	6,5
68	635	6	6,1	5,8	5850	6	5,9	6,3	5690	6,8	7	6,9
69	645	5,9	5,8	6	5830	6,1	5,7	6	5700	5,8	6,8	6,7
70	650	6,1	6,5	6	5770	6,2	6,5	6	5580	6	6,8	6,7
71	665	6,3	6,7	6	5679	6,7	6,6	7	5760	6,8	6,5	6,6
72	670	6	6,2	6,1	5580	6,5	6,1	6,8	5890	6,7	7	6,5
73	677	5,9	6	6,2	6010	6,3	6,3	6,1	5920	6,2	5,8	6,8
74	680	6	5,6	6	5490	6,3	6,1	6	5770	6,4	6,8	6
75	685	5,9	6,2	6	6020	6,9	7	6,9	5880	6,6	7	7

76	690	5,9	6	6,5	5870	6	6,1	6	5769	6,8	5,9	6,7
77	700	5,8	6,1	6	6060	6	6,1	5,9	5670	5,8	6,1	6,6
78	705	5,6	5	5,9	5900	6,4	6,2	6,1	5800	6,9	6,1	5,9
79	710	5,8	6	6,1	5810	6,6	6	5,9	5800	6	5,8	6,4
80	721	5,6	6,1	5,9	5780	6,4	6,1	6,4	6500	6	6,4	5,9
81	734	5,7	5,5	5,7	5800	5,9	6	6,1	5480	5,9	5,9	5,5
82	740	5,9	6	6,2	5600	5,8	5,1	5,2	6020	6	6,3	6,7
83	750	5,3	5,5	5,4	6000	6	6,2	6,1	5400	6,2	6,5	6,4
84	762	5,7	5,8	5,9	5980	5,6	5	5,6	5000	5,9	5,5	6
85	770	5,4	4,8	4,6	5300	5,1	5,4	4,8	4800	5,8	6	5,9
86	780	5,5	5,6	6	4690	5,4	5	4,9	5600	5	5,2	4,9
87	800	4,7	5	4,9	4700	4,8	4,7	5	5780	5,3	5	4,5
88	812	4	4,5	4,7	5600	4,2	4,5	4,1	4670	5	4,8	4,5
89	840	4,2	5	5,9	5580	5	4,5	5,5	5000	5,8	5,9	5,2
90	850	5,4	6	5,7	4670	5,6	4,9	5,6	5190	5,5	5,6	5,7
91	855	5,2	4,9	5,8	5900	4	4,1	4,7	5700	5,6	5,9	6
92	870	4,7	4,1	4,4	5600	4	4,7	4,9	5900	5	4,9	4,5
93	910	4,3	3,8	5,6	5800	3,8	4,7	5	5600	4,2	4,9	4,5
94	925	4,8	4,5	4,4	5670	5,1	4,8	5	6200	5	4,7	4,1
95	940	4,6	4,3	5	6100	4,2	4,1	4,3	6020	5,1	5	4,6
96	955	5	4,8	4,5	5900	4,4	4,1	4	5700	4,5	4,1	4
97	960	4,8	5	4	5700	5	4,9	4,7	6000	4,9	4,8	4
98	980	4,7	4,6	4,5	5400	4,4	5	4,7	5890	5	4,7	4,4
99	985	4,1	4,3	4,7	5620	4,5	5	4,9	5900	4	4,9	5
100	1000	4,5	5	4	5770	4,6	4,4	4,5	5500	5	3,7	4,7

Примітка:

1 – С – самопочуття;

2 – А – активність;

3 – Н – настрій.

ДОДАТОК В

Протокол вимірювань суміщеного освітлення СД лампами за тестами Тулуз-П'єрона

№ П/П	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	16.30	102	3400	24	72	1800	687	1113	22	962	0,32	45	0,70	665	0,92	0,40	0,60
2	15.40	199,75	3650	23	70	1800	854	946	43	920	0,40	50	0,98	811	0,95	0,50	0,80
3	15.20	300,75	3830	23	70	1800	827	973	8	952	0,45	59	1,16	819	0,97	0,55	1,05
4	16.00	400	4460	24	75	1800	904	896	5	951	0,52	64	1,34	899	0,98	0,65	1,18
5	12.30	501,25	5500	23	74	1800	1135	665	30	953	0,64	70	1,41	1105	0,98	0,71	1,36
6	10.00	600,5	5660	22	65	1800	1359	441	11	1001	0,75	76	1,44	1348	0,99	0,75	1,42
7	10.50	698,75	5700	24	67	1800	1373	427	12	964	0,78	80	1,48	1361	1	0,78	1,47
8	9.00	800,5	5900	23	70	1800	1463	337	6	967	0,78	81	1,50	1457	1	0,80	1,51
9	14.00	901,25	5330	22	65	1800	1419	381	5	965	0,77	80	1,50	1414	1	0,79	1,50
10	13.00	999,75	5350	22	67	1800	1363	437	8	963	0,76	79	1,47	1355	1	0,78	1,48

Протокол вимірювань суміщеного освітлення ЛЛ лампами за темтами Тулуз-П'єрона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	10.00	99,25	3300	21	73	1800	911	889	137	1237	0,09	40	0,60	774	0,85	0,40	0,60
2	9.00	201	3500	20	70	1800	856	944	242	919	0,23	49	0,80	614	0,91	0,45	0,76
3	16.30	300,25	3670	24	72	1800	783	1017	36	952	0,34	50	0,90	747	0,95	0,47	0,80
4	9.30	400,75	4300	23	75	1800	931	869	20	1108	0,41	51	1,02	911	0,96	0,52	0,86
5	17.00	500,5	5100	24	72	1800	871	929	24	920	0,44	56	1,17	847	0,96	0,55	0,98
6	11.15	601,75	5640	21	65	1800	900	900	21	949	0,45	60	1,24	879	0,97	0,62	0,99
7	17.00	698,75	5630	24	67	1800	927	873	27	920	0,47	62	1,30	900	0,98	0,63	1,00
8	11.45	800,25	5550	21	67	1800	942	858	17	958	0,50	62	1,31	928	0,99	0,64	1,00
9	16.20	901,25	5200	23	65	1800	999	801	19	917	0,52	61	1,31	980	0,99	0,64	1,00
10	10.30	1000,25	5200	22	65	1800	1321	479	10	1007	0,51	60	1,30	1311	0,98	0,63	0,98

Протокол вимірювань природного освітлення E_0 за тестами Тулуз-П'єрона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	$t^{\circ}\text{C}$ в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K_0 , %	K_{Π}	N-n	K_T	K_V	V_0
1	16.00	100,25	3200	23	75	1800	582	1218	35	916	0,24	32	0,60	547	0,90	0,30	0,64
2	9.00	200,5	3300	22	65	1800	840	960	21	1025	0,32	44	0,80	819	0,93	0,39	0,82
3	11.00	300,75	3700	24	67	1800	912	888	30	955	0,43	52	0,92	883	0,96	0,51	0,95
4	14.00	401,75	3700	24	69	1800	923	877	9	952	0,50	60	1,08	914	0,97	0,57	1,15
5	10.15	499,25	5200	21	70	1800	1417	383	83	970	0,55	68	1,20	1334	0,99	0,64	1,35
6	9.00	598,5	5400	21	65	1800	1174	626	15	990	0,60	71	1,34	1159	1	0,71	1,38
7	9.45	700	5600	21	70	1800	1314	486	25	974	0,66	73	1,41	1289	1	0,72	1,40
8	14.30	799,25	5700	23	65	1800	1304	496	8	969	0,67	74	1,43	1296	1	0,73	1,41
9	11.30	899	5800	23	67	1800	1293	507	21	965	0,65	73	1,42	1272	0,99	0,72	1,40
10	16.40	998,5	5900	23	75	1800	1171	629	26	966	0,64	72	1,40	1145	0,98	0,69	1,39

Протокол вимірювань суміщеного освітлення СД лампами за тестами Бурдона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	14.45	99	3800	24	65	2430	1795	635	78	900	0,84	78	2,00	1717	0,93	0,77	2,30
2	14.30	199,5	3800	24	65	2430	2396	34	126	900	1,05	95	2,38	2270	0,95	0,90	2,50
3	14.15	299,25	3850	24	65	2430	2430	0	73	900	1,24	96	2,62	2357	0,98	0,95	2,60
4	10.00	398	4440	23	72	2430	2190	240	20	900	1,30	98	2,70	2170	0,99	0,97	2,70
5	14.30	499,25	5490	22	70	2430	2430	0	25	900	1,39	100	2,80	2405	0,99	0,99	2,74
6	11.00	600,75	5600	23	73	2430	2430	0	21	900	1,41	100	2,85	2409	0,99	0,99	2,80
7	11.00	699	5650	23	70	2430	2430	0	9	900	1,44	100	2,89	2421	0,99	0,99	2,88
8	10.00	799,75	5950	23	65	2430	2430	0	24	830	1,49	100	2,90	2406	0,99	0,99	2,93
9	9.00	900,75	5600	24	67	2430	2430	0	27	830	1,50	100	2,89	2403	0,99	0,99	2,93
10	10.20	1001,25	5580	23	70	2430	2430	0	20	900	1,48	100	2,88	2410	0,99	0,99	2,92

Протокол вимірювань суміщеного освітлення ЛЛ лампами за тестами Бурдона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	12.00	100	3250	21	73	2430	1847	583	155	900	0,82	72	1,88	1692	0,92	0,83	2,10
2	9.00	199,25	3700	22,5	58,5	2430	1980	450	72	900	0,97	81	2,12	1908	0,96	0,87	2,30
3	10.30	301,5	3900	21	70	2430	1830	600	7	900	1,08	85	2,42	1823	0,97	0,91	2,50
4	14.20	399	4160	22	69	2430	2265	165	57	900	1,19	91	2,54	2208	0,97	0,93	2,60
5	15.00	501,5	5200	24	65	2430	2340	0	51	900	1,23	96	2,62	2289	0,98	0,94	2,70
6	14.00	600,25	5620	23	75	2430	2238	192	17	900	1,32	97	2,66	2221	0,98	0,95	2,76
7	8.30	699	5650	23	67	2430	2430	0	39	900	1,35	98	2,68	2391	0,98	0,97	2,78
8	14.15	801,25	5700	23	75	2430	2430	0	54	900	1,36	100	2,70	2376	0,99	0,98	2,89
9	9.00	900	5400	22	70	2430	2430	0	80	820	1,34	100	2,70	2350	0,97	0,97	2,90
10	10.00	1000,25	5300	23	70	2430	2430	0	92	830	1,28	100	2,68	2338	0,96	0,96	2,89

Протокол вимірювань природного освітлення E_0 за тестами Бурдона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	$t^{\circ}\text{C}$ в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K_0 , %	K_{Π}	N-n	K_T	K_V	V_0
1	15.20	100,5	3300	24	70	2430	1680	750	48	900	0,87	69	2,30	1632	0,94	0,80	1,90
2	11.30	200,75	3500	25	72	2430	1890	540	9	900	1,07	82	2,40	1881	0,95	0,90	2,50
3	10.30	299,75	3800	23	72	2430	2400	30	95	900	1,15	95	2,50	2305	0,96	0,95	2,67
4	14.15	400,25	3800	23	75	2430	2430	0	100	900	1,22	97	2,56	2330	0,98	0,96	2,70
5	10.00	499,5	5450	23	72	2430	2187	240	28	900	1,32	99	2,60	2097	0,99	0,97	2,72
6	14.15	600,75	5500	20	70	2430	2352	78	16	900	1,37	99	2,67	2336	0,99	0,98	2,75
7	14.15	700,25	5600	23	75	2430	2430	0	54	900	1,40	100	2,72	2376	0,99	0,99	2,82
8	9.45	800,25	5700	24	65	2430	2430	0	18	900	1,41	100	2,77	2412	0,99	0,99	2,90
9	11.30	901	5800	23	65	2430	2430	0	83	840	1,39	100	2,80	2347	0,99	0,97	2,89
10	11.00	1000,5	6000	23	70	2430	2430	0	87	855	1,30	100	2,78	2343	0,98	0,96	2,88

Протокол вимірювань штучного освітлення СД лампами за тестами Тулуз-П'єрона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	16.30	498,75	4800	24	72	1800	687	1113	22	962	0,21	58	0,69	665	0,97	0,45	0,92
2	11.00	600,5	5370	23	70	1800	702	1098	24	969	0,32	67	0,78	678	0,98	0,47	0,95
3	15.00	699,5	5590	23	70	1800	748	1052	12	951	0,39	71	0,92	736	0,99	0,48	0,97
4	16.00	799,75	5860	24	75	1800	904	896	5	951	0,42	72	0,96	899	0,99	0,50	0,98
5	15.40	900,25	5860	23	70	1800	854	946	43	920	0,42	72	0,96	811	0,99	0,50	0,98
6	15.20	1000,75	5890	22	67	1800	831	969	51	919	0,41	71	0,95	780	0,99	0,49	0,97

Протокол вимірювань штучного освітлення ЛЛ лампами за тестами Тулуз-П'єрона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	10.00	500,5	4800	21	73	1800	911	889	137	1237	0,09	50	0,63	774	0,94	0,41	0,90
2	9.00	598,75	4500	20	70	1800	856	944	242	919	0,25	55	0,67	614	0,95	0,44	0,92
3	16.30	700,5	4770	24	72	1800	783	1017	36	952	0,37	58	0,78	747	0,96	0,45	0,93
4	9.30	800,5	5300	23	75	1800	931	869	20	1108	0,39	59	0,82	911	0,98	0,46	0,95
5	9.00	900,75	5300	22	65	1800	840	960	21	1025	0,39	58	0,83	819	0,98	0,46	0,95
6	16.00	999,75	5300	23	75	1800	582	1218	35	916	0,38	57	0,82	547	0,98	0,45	0,94

Протокол вимірювань штучного освітлення СД лампами за тестами Бурдона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	t ⁰ С в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K ₀ , %	K _п	N-n	K _T	K _V	V _O
1	14.45	499	4800	24	65	2430	1795	635	78	900	0,84	98	2,38	1717	0,95	0,90	2,52
2	14.30	599	4800	24	65	2430	2396	34	126	900	1,03	99	2,52	2270	0,97	0,92	2,60
3	11.30	700,25	5500	25	72	2430	1890	540	9	900	1,18	99,5	2,59	1881	0,977	0,94	2,67
4	14.15	798,5	5800	24	65	2430	2430	0	73	900	1,25	100	2,62	2357	0,976	0,95	2,70
5	10.00	900,25	5840	23	72	2430	2190	240	20	900	1,26	100	2,63	2170	0,975	0,95	2,70
6	10.30	1001,25	5860	23	72	2430	2400	30	95	900	1,26	99	2,62	2305	0,97	0,95	2,69

Протокол вимірювань штучного освітлення ЛЛ лампами за тестами Бурдона

№ п/п	Час	\bar{E} , лк	T,К	$t^{\circ}\text{C}$ в прим.	W,%	K	N	Σ	n	T, сек	S	K_0 , %	K_{Π}	N-n	K_T	K_V	V_O
1	12.00	500,75	4850	21	73	2430	1847	583	155	900	0,63	95	1,98	1692	0,89	0,76	2,41
2	15.20	602,25	4800	24	70	2430	1680	750	48	900	0,87	97	2,26	1632	0,97	0,83	2,52
3	10.30	700,25	4900	21	70	2430	1830	600	7	900	1,08	98	2,34	1823	0,99	0,88	2,57
4	9.30	800,75	5200	23	65	2430	2430	0	71	900	1,18	99,8	2,48	2359	0,97	0,92	2,58
5	14.20	899,5	5300	22	69	2430	2265	165	57	900	1,20	99,8	2,47	2208	0,97	0,93	2,58
6	9.00	1000	5300	22,5	58,5	2430	1980	450	72	900	1,19	99,7	2,47	1908	0,96	0,93	2,57

ТОВ «АВ метал груп»

49000, Україна
м. Дніпропетровськ
вул. Шолом-Алейхема, буд. 5

ЄДРПОУ 36441934
ІПН 364419304624
св.№ 200021062



АВ метал груп
телефон/факс:
(056) 790-73-00 (01), (02)
avmg@avmg.com.ua
www.avmg.com.ua

А К Т

впровадження методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» на підприємстві «АВ метал груп»

Представники товариства з обмеженою відповідальністю «АВ метал груп» в складі: заступник директора з охорони праці Скуратов М.А., заступник директора з технічних питань Кравченко С.Г. з однієї сторони, та співробітники ПДАБА: зав. каф. БЖД, д.т.н., проф. Белікв А.С., к.т.н., доц. каф. БЖД Рабіч О.В., ас. каф. БЖД Мещерякова І.В. з другої сторони склали акт про впровадження методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» на підприємстві «АВ метал груп». В період з січня 2018р. по грудень 2020р. на об'єктах підприємства, що будуються, введені в експлуатацію та на робочих місцях операторів (менеджерів) виробництва з метою зменшення шкідливих, небезпечних чинників і аварій на виробництві з урахуванням світлового середовища, співробітниками ПДАБА, було проведено дослідження умов праці за фактором освітлення на постійних робочих місцях співробітників підприємства ТОВ «АВ метал груп». За аналізом досліджень умов та характеру робіт, які відповідають характеристикам зорових робіт VIIIб, Б-1, А-1,2 розряду з елементами монотонності та напруженості, дослідження проводились згідно методики оцінки впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення.

Згідно проведеного дослідження встановлено відхилення умов праці на постійних робочих згідно виконання зорових робіт Б-1, А-1,2. На підприємстві була впроваджена система освітлення, що дозволила виконати

вимоги ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» та ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1: Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) з урахуванням напруженості трудового процесу та забезпечує високий рівень продуктивності праці, сприяє зменшенню кількості випадків професійних захворювань та створює сприятливі умови праці.

д.т.н., проф.

Анатолій БЄЛІКОВ 

к.т.н., доц.

Олена РАБІЧ 

аспірант

Ірина МЕЩЕРЯКОВА 

ТОВ «АВ метал груп»

заступник директора з

охорони праці

Михайло СКУРАТОВ 

заступник директора з

технічних питань

Сергій КРАВЧЕНКО 




ДОДАТОК Д

«ПОГОДЖЕНО»

ДВНЗ ПДАБА

Проректор з наукової роботи


 _____ Руслан ПАПІРНИК
 « 6 _____ 2020р.



«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Генеральний директор

ТОВ «Павлоградінвестбуд»


 _____ Віктор ДОВГАЛЬ
 « 6 _____ 2020р.



А К Т

про впровадження методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення»

Комісія у складі:

від Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: д.т.н., проф. Белікв А.С., к.т.н., доц. Рабіч О.В., аспірант Мещерякова І.В.

від підприємства ТОВ «Павлоградінвестбуд»: генеральний директор Довгаль В.М., головний інженер Мерцалов А.Ф., начальник технічного відділу Довгаль С.В. засвідчує про те, що з березня 2019 року по березень 2020 року було проведено впровадження методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» на підприємстві ТОВ «Павлоградінвестбуд».

При цьому було визначено, що одним з важливих факторів при виконанні функціональних обов'язків працівниками таких категорій як керівники, менеджери, управителі, технічні службовці, відповідальних за прийняття рішень, важливе значення має світлове середовище, що в цілому впливає на психофізіологічний стан людини та безпеку праці. Тому були проведені дослідження з умов праці на постійних робочих місцях та визначено критерії для даних категорій працівників по визначенню впливу показників світлового середовища згідно вимог ДБН В.2.5-28:2018

«Природне і штучне освітлення» та ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) з урахуванням напруженості трудового процесу.

Дослідження умов праці на постійних робочих місцях за показниками світлового середовища нами виконувалися на основі стандартної оцінки умов праці згідно з ДСНтаП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» Затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248 та методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення». Розроблений алгоритм досліджень на рисунку 1.

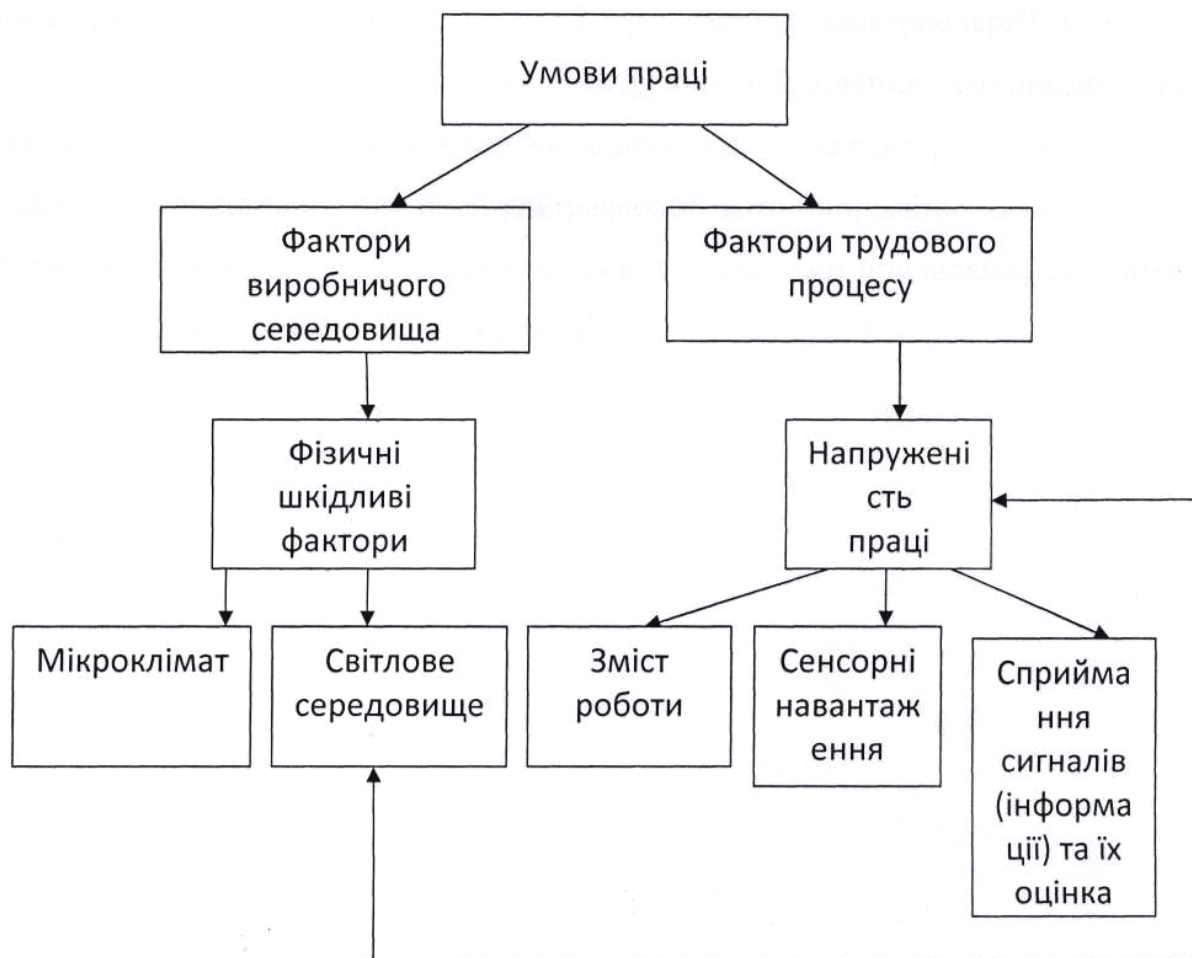


Рис.1. Алгоритм досліджень умов праці за показниками світлового середовища з урахуванням факторів виробничого середовища та напруженості праці.

Згідно проведеного аналізу та досліджень на сьогодні в Україні люмінесцентні лампи (ЛЛ) є найбільш поширеним типом ламп для загального освітлення, оскільки мають високу світлову віддачу та термін служби. Лідером у розвинених країнах є світлодіодне освітлення. До головних переваг LED-технологій відносять їх екологічну безпечність через відсутність ртуті та енергоефективність, оскільки впровадження сучасних світлодіодних рішень забезпечує зниження енергозатрат на освітлення до 70%.

В результаті проведених досліджень було визначено порівняльні характеристики люмінесцентних та СД ламп. У таблиці 1 наведено порівняльний аналіз люмінесцентних та світлодіодних ламп за основними показниками. ЛСД споживають у 2...2,5 рази менше електроенергії, мають у 10 разів більший строк служби та спектр випромінювання, наближений до натурального. У LED-ламп відсутні мерехтіння та «ефект розігріву», вони позбавлені шкідливого для очей ультрафіолетового випромінювання. Таким чином, світлодіодні світильники є мало нагрівальними приладами, стійкими до механічних та температурних впливів.

Таблиця 1

Порівняння характеристик люмінесцентних та світлодіодних ламп

Тип лампи	ЛЛ (люмінесцентні лампи)	СД (світлодіодні лампи)
Світлова віддача, Лм/Вт	50...80	до 100
Строк служби, годин	10...15 тис.	до 100тис.
Контрастність та передача кольору	слабка	відмінна
Механічна міцність	середня	відмінна
Температурна стійкість	слабка	відмінна
Стійкість до перепадів напруги	слабка	відмінна
Час виходу в номінальний режим	10...15 хвилин	миттєво
Нагрівання	сильне	слабке
Екологічна безпека	Лампа вміщує до 100мг випарів ртуті	Абсолютно безпечні

Світлодіодне освітлення відрізняється від усіх типів традиційних джерел світла та здатне створити динамічне освітлення з новими можливостями впливу на біологічні процеси в організмі людини.

Тому на підприємстві ТОВ «Павлоградінвестбуд», а саме, у приміщенні з застосування ПК було впроваджено штучне освітлення з світильниками LED 36 W 6400 K.

При цьому дослідження проводились в приміщенні: розміри приміщення $L = 6\text{ м}$, $B = 6\text{ м}$, $H = 3\text{ м}$ з одностороннім бічним світловим прорізом. Огороджувальні поверхні світлих тонів з коефіцієнтами відображення стелі $\rho = 0,8$ (побілена поверхня), стіни $\rho = 0,56$ (кремового кольору), полу $\rho = 0,3$ (світлий лінолеум). У приміщенні розташовані робочі столи з коефіцієнтом відображення $\rho = 0,45$, інше обладнання відсутнє. Розміщення робочих місць розподілено рівномірно.

Світловий проріз орієнтований на північний захід, заповнений віконним блоком з металевими спареними глухими палітурками з коефіцієнтами $\tau_1 = 0,8$, $\tau_2 = 0,8$. Довжина світлового прорізу $a = 5\text{ м}$, висота $b = 1,3\text{ м}$. Висота підвіконня 1м. Світлові прорізи не затінені протилежними будинками.

Приміщення розташовується в будівлі на відкритому майданчику, тому вплив відображення підстильної поверхні відсутній. Для виключення впливу шуму на людей, обрано кутове приміщення. Штучне освітлення організовано світильниками LED 36 W 6400 K які вмикаються окремо. Вимірювання штучної освітленості робочого місця та колірної температури проводилося за допомогою приладу CHROMA METER ST520.

Оцінка умов праці за фактором світлового середовища в приміщенні при виконанні працівниками таких категорій як керівники, менеджери, управителі, технічні службовці з застосуванням ПК проводилось згідно розробленої методики «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» з визначенням таких критеріїв: сприйняття (Сенсорна збудженість Проби Ашаффенбурга, Рейхардта, Ліпмана), увага, зосередженість (Таблиці Шульте Коректурна проба, Рахунок за Крепеліном). У тестах приймали участь 10 робітників.

Вимірювання природної освітленості для визначення КПО проводилося в приміщенні з застосуванням ПК двома люксометрами (Ю-116 та CHROMA METER ST520). Одним люксометром, синхронно з другим, вимірювали показання зовнішньої освітленості, а іншим, що знаходяться в приміщенні.

Було визначено, що у приміщенні з застосуванням ПК нового виду освітлення з використанням світильників LED 36 W 6400:

- більшість робітників (78%) стверджують, щоб адаптуватись до тестування потрібно 10-20 секунд потім збільшується концентрація уваги і на 8-9 хвилині спостерігається (провал) в концентрації, через 10-20 секунд концентрація уваги повертається і навіть збільшується швидкість корекції, тобто відбувається пристосування до даного виду роботи і вже до кінця тесту члени групи відчують стійкість в роботі;

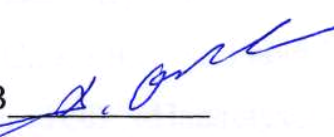
- після тестування працівники не відчують стомленість. Тестування проводилося у другій половині дня, через дві години після обідньої перерви;

- враховуючи статистичні дані психології праці в такий період робочого часу працездатність людини знаходиться приблизно 70% від першої половини робочого часу.

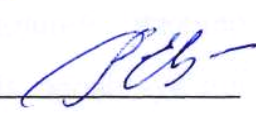
Таким чином, запропонована методика «Оцінка впливу світлового середовища на функціональний стан працівників при різних варіантах освітлення» дозволяє підвищити сприйняття концентрації уваги та знизити стомлюваність працівників, що підвищує безпеку виконання технологічних процесів. Застосування даної методики з урахуванням впровадження нового світлового середовища дозволило одержати позитивний фізіологічний ефект (знижена втомленість, напруженість праці, підвищилась сприйняття та концентрація уваги на 17%), що зумовлює підвищення продуктивності праці.

ДВНЗ ПАДАБА

д.т.н., проф.

Анатолій БЄЛІКОВ 

к.т.н., доц.

Олена РАБІЧ 

аспірант

Ірина МЕЩЕРЯКОВА 

ТОВ «Павлоградінвестбуд»

генеральний директор

Віктор ДОВГАЛЬ 

головний інженер

Андрій МЕРЦАЛОВ 

начальник технічного відділу

Сергій ДОВГАЛЬ 



А К Т

впровадження методики комплексної оцінки умов праці за параметрами
світлового середовища у Акціонерному Товаристві
«ІНТЕРПАЙП ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ВТОРМЕТ»

Представники Акціонерного Товариства «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет» в складі: Голови Правління Макаренко В. І., начальника відділу ПБ, ОП та НС Алексіна С.П. та інженера з охорони праці Надточія О.О. з однієї сторони, та співробітники ПДАБА: зав. каф. БЖД, д.т.н., проф. Белікв А.С., к.т.н., доц. каф. БЖД Рабіч О.В., ас. каф. БЖД Мещерякова І.В. з другої сторони склали акт про впровадження методики комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет».

В період з січня 2019р. по травень 2021р. на робочих місцях адміністративно-технічних працівників виробництва з метою зменшення шкідливих, небезпечних чинників з урахуванням параметрів світлового середовища, співробітниками ПДАБА, було проведено дослідження умов праці за параметрами світлового середовища на постійних робочих місцях співробітників АТ «Інтерпайп Дніпропетровський Втормет».

В результаті проведених досліджень виявлено, що умови праці та характер виконуваних завдань не відповідають п.4.9 ДСТУ EN 12464-1:2016. Визначені показники напруженості трудового процесу: інтелектуальні, сенсорні навантаження.

Методика комплексної оцінки умов праці за параметрами світлового середовища у Акціонерному Товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський

Втормет» дозволила оцінити ризик виявлення небезпек, провести ідентифікацію небезпек з урахуванням параметрів світлового середовища.

За результатами впровадженої методики отримано соціальний ефект шляхом запропонованих заходів підвищення рівня безпеки праці, а саме зниження напруженості при створенні комфортного світлового середовища, що відповідають ДСТУ EN 12464-1:2016 (див. табл. 1). Постійні робочі місця та виробничі середовища переобладнано новими CD лампами $T_K \approx 3800-5400$ К, що підвищує працеспроможність працівників на 32%.

Таблиця 1

Параметри світлового середовища на постійних робочих місцях

Показники	Нормативні	Визначені при дослідженні	Після впровадження заходів (заміна ОП)
Освітленість робочих поверхонь, лк	500	300	600-900
Показник дискомфорту блискавість UGR_L	19	19	15
Рівномірність освітлення U_0	0,6	0,5	0,7
Індекс кольоропередачі R_a	80	70	80

д.т.н., проф.

А. С. БЕЛІКОВ 

к.т.н., доц.

О. В. РАБІЧ 

асистент

І. В. МЕЩЕРЯКОВА 

АТ «Інтерпайп

Дніпропетровський Втормет»

Голова Правління

В.І. Макаренко 

Начальник відділу ПБ, ОП та НС

С.П. Алексін 

Інженер з охорони праці

О.О. Надточій 

ДОДАТОК 3

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ДВНЗ «Придніпровська державна

академія будівництва та архітектури»

д.т.н., проф. Микола САВИЦЬКИЙ



«12» жовтня 2020р.

А К Т

Про впровадження результатів дисертаційного дослідження асистента кафедри безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури Ірини Мещерякової на тему: «Підвищення безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища виробничих приміщень» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека.

Комісія у складі:

голова - проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи, к.т.н., доц. Папірник Руслан;

члени комісії: професор кафедри безпеки життєдіяльності, к.т.н., Сафонов Володимир; к.т.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності Рабіч Олена,

цим актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Ірини Мещерякової використані в навчальному процесі при викладанні дисциплін: «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» та «Психологія праці та її безпека» для здобувачів вищої освіти I та II рівнів підготовки за спеціальністю 263 – Цивільна безпека.

Голова
проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи, к.т.н., доц.

Руслан ПАПІРНИК

Члени комісії

к.т.н, проф.

Володимир САФОНОВ

к.т.н., доц.

Олена РАБІЧ