

Український державний університет науки і технологій
Навчально-науковий інститут
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Журбенко Валерія Миколаївна

УДК 331.443:628.976:614.893

ДИСЕРТАЦІЯ
ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИКОНАННЯ РОБІТ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ
З УРАХУВАННЯМ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СВІТЛОВОГО
СЕРЕДОВИЩА

Спеціальність 263 – Цивільна безпека

Галузь знань 26 – Цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеню доктора філософії

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

 В. М. Журбенко
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Наукові керівники:

Беліков Анатолій Серафимович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій

Саньков Петро Миколайович, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій

Дніпро – 2025

АНОТАЦІЯ

Журбенко В.М. Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека. – Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій, Дніпро, 2025.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню безпеки праці під час виконання зорових робіт високої точності робітниками різних галузей виробництва за рахунок використання розробленої комплексної оцінки дії світлового середовища на працівників у робочих приміщеннях, і впровадження на її базі заходів та засобів, що сприяють підвищенню рівня безпеки на постійних робочих місцях.

Протягом останньої чверті сторіччя підвищення долі автоматизації виробництва та долі використання машин та приладів візуального дистанційного контролю як в Україні так і в світі викликало зростання долі набутих професійних захворювань і травм як безпосередньо зорового аналізатора так і пов'язаних із його перенапруженням систем організму в цілому. Одним із нагальних завдань для забезпечення захисту населення і обладнання під час воєнних дій є проєктування і реконструкція нових підприємств і громадських будівель з можливістю використання частини їх корисної площини як споруд подвійного призначення (СПП) із захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів. Це робить актуальним впровадження енергоефективних ОС (освітлювальних систем), з низьким тепловиділенням, захистом від перепадів напруги та можливістю переходу на автономні джерела живлення у разі аварійної ситуації. Робота таких систем має забезпечувати створення такого візуального середовища, яке б ураховувало складність зорових завдань, що виконуються у приміщенні, психологічні та фізіологічні вимоги працівників, що ці завдання виконують. Водночас,

проведений нами аналіз показав, що як в світі так і в Україні недостатньо уваги приділяється питанню впливу світлового середовища на виконання різних видів робіт з високим напруження зорових систем. З урахування вищевикладеного підвищення рівня автоматизації виробництва, проведення дослідження умов праці з урахуванням впливу світлового середовища на працівників є **актуальною задачею**.

У **вступі** стисло викладені актуальність теми, мета, завдання дослідження та його наукова новизна. Наведені практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, зазначені апробація результатів та можливі подальші напрямки досліджень.

У **першому розділі** наведені результати аналізу статистики щодо нещасних випадків та набутих профзахворювань в Україні за 2015-2022 рр. Визначено, що вплив візуального чинника серед інших факторів виробничого середовища є найвизначнішим для цілого ряду професій у різних галузях, де діяльність працівників потребує тривалих та інтенсивних сенсорних навантажень, пов'язаних із виконанням зорових робіт високої точності. Встановлено, що значна роль автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів в Україні і світі останніми роками стала джерелом розширення групи професійно зумовлених хвороб, пов'язаних з виконанням зорових робіт високої точності, що вимагають значного напруження зорового аналізатора.

На основі проведеного аналізу даних літератури встановлено, що нормативна база України не дозволяє проводити комплексну оцінку якості світлового середовища на робочих місцях і оцінити ризики його впливу на здоров'я і працездатність робітників, які виконують зорові роботи високої точності. Обґрунтовано необхідність та доцільність оцінки світлового середовища у робочих зонах з урахуванням характеристики зорових робіт, вікових особливостей працюючих, фотометричних характеристик джерел світла та подальшим удосконаленням критеріїв оцінки, сформульовано мету та завдання дослідження. На основі аналізу досліджень в області гігієни і психології праці, встановлено, що зміни показників безпеки, працездатності та

функціонального стану людини залежать від джерела світла, колірної температури, рівня освітленості, візуальних характеристик оздоблення приміщення.

У **другому** розділі проведено аналіз умов праці в різних сферах виробництва та професій працівників за державним класифікатором професій ДК 003:2010. На основі проведеного аналізу сформульовані мета та задачі дослідження та вперше запропоновано виділити групу споріднених за критерієм характеристики зорових робіт високої точності професій: «проектувальники та конструктори». Аналіз також показав, що рекомендовані методики санітарно-гігієнічної оцінки класу шкідливості умов праці за критерієм світлового середовища на робочих місцях не дозволяють в повній мірі оцінити вплив візуальних факторів на психофізіологічний стан працівників, їх безпеку і працездатність з урахуванням індивідуальних особливостей та особливостей виробничого процесу. Проведено аналіз міжнародних та національних актів, що нормують параметри світлового середовища на робочих місцях та методики досліджень, що враховують якість світлового середовища і встановлено, що вони не в повній мірі враховують вимоги працівників, що виконують зорові роботи високої точності, до світлового середовища в робочій зоні та на робочих місцях.

З урахуванням даних світового досвіду при оцінці умов праці за фактором світлового середовища нам було вперше запропоновано оцінку візуального середовища проводити за критеріями: забезпечення безпеки з урахуванням впливу світлового середовища на фізичний та психофізіологічний стан працівників; зорової працездатності; зорового комфорту. За результатами проведених досліджень вперше запропоновано алгоритм покрокової оцінки якості освітлення у робочому приміщенні для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природнього і штучного освітлення на безпеку, працездатність та психофізіологічну діяльність з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

Розроблена та застосована структурна модель проведення досліджень впливу візуального середовища на психофізіологічний стан людини, проведено обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працівників, що виконують зорові роботи високої точності. Вперше запропонована схема покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та психофізіологічного стану працівників з урахуванням впливу освітлення на безпеку робіт високої зорової точності.

На основі проведених досліджень та наукового і практичного обґрунтування розроблена комплексна методика, яка враховує одночасну оцінку впливу на безпеку, працездатність та психофізіологічний стан людини.

У **третьому розділі** представлені результати інструментального вимірювання та математичного моделювання рівнів природнього та суміщеного освітлення у експериментальних приміщеннях, де проводяться роботи високої зорової точності у різні пори року. Встановлено закономірності, які з високим (86-98%) рівнем достовірності дозволяють прогнозувати характеристики світлового середовища у робочих приміщеннях в залежності від пори року, планування та облаштування приміщень. Наведено рекомендації для приведення значень рівня горизонтальної освітленості до нормативних, з урахуванням як економічних вимог, так і підвищених вимог до зорового комфорту робітників, що виконують роботи високої точності, по засліпленню прямим та відбитим освітленням.

На основі порівняльного аналізу результатів інструментальних вимірювань і математичного моделювання освітленості у експериментальних приміщеннях, встановлено, що для досягнення високого (похибка менше 10 %) ступеню точності інструментальних вимірювань потребується велика кількість контрольних точок вимірювання. З урахуванням мінливого характеру природнього освітлення, інструментальні вимірювання потрібно проводити у стислий час. Названі фактори, у поєднанні з нормативними вимогами до природнього освітлення під час вимірювань (похмура погода) значно

зменшують можливості оцінки основних якостей світлового середовища у робочих приміщеннях за допомогою інструментальних методів вимірювання.

Математичне моделювання освітлення робочих приміщень дозволяє визначити цілу низку факторів візуального середовища на робочих місцях. При цьому похибка не перевищує 10 %. Однак високий ступінь точності визначення характеристик світлового середовища за допомогою математичного моделювання може бути досягнутий при наявності повних вхідних даних про експериментальне приміщення, об'єкт, у якому воно знаходиться і навколишню забудову.

Визначено, що математичне моделювання освітлення приміщення дозволяє провести оцінку основних кількісних параметрів світлового середовища приміщення. При цьому час обробки даних і розрахунку менший, ніж при інструментальному методі вимірювання, є можливість здійснити моделювання світлового середовища за допомогою різних освітлювальних установок у приміщенні, що моделюється; є можливість розрахунку для приміщень, що проєктуються або реконструюються, або до яких відсутній фізичний доступ. Порівняння результатів, отриманих за допомогою математичного моделювання, з об'єктивними результатами інструментальних вимірювань (розбіжність менше за 12%) дозволяє зробити висновок про доцільність його використання і впровадження для визначення основних характеристик освітлення у виробничих приміщеннях, що проєктуються, реконструюються, або до яких відсутній доступ.

Встановлено, що висока достовірність математичної моделі у програмному середовищі DIALux може бути досягнута за рахунок моделювання на основі максимальної доступної кількості параметрів, доступних програмі.

У четвертому розділі проведено обґрунтування складу досліджуваної групи та умов проведення експерименту для оцінки впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та зоровий комфорт працівників (студентів, викладачів та персоналу) при виконанні зорових робіт високої

точності в експериментальному приміщенні. Визначено, що реальний середньомісячний рівень природної освітленості у приміщенні суттєво залежить від географічної широти та пори року. Тому, при неможливості провести інструментальні фотометричні вимірювання, запропоновано метод математичного моделювання.

В умовах лабораторного експерименту при моделюванні параметрів світлового середовища (тип джерела світла, рівень освітленості, колірна температура, т.п.) були проведені дослідження зміни фізіологічних показників працівників (пульс, рівень артеріального тиску) та визначені показники точності виконання робіт, розумової працездатності на основі коректурної проби «Кільця Ландольта». Дослідження довели закономірність залежності зміни фізіологічних показників від періоду робочого часу, що впливає на розумові функції. Вказаний ефект викликає зниження рівня показників точності виконання робіт, розумової працездатності у період з 13:00 по 15:00, що показує підвищення у цей період ризику травмування внаслідок неправильної візуальної оцінки робочого середовища, збільшення кількості помилок і зниження ефективності робіт високої зорової точності, а також підвищення ризику виникнення професійно зумовлених хвороб внаслідок перенапруження систем зорового аналізатора.

Порівняльний аналіз результатів виконання коректурної проби показав більш високий рівень показників точності виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації за умов суміщеного освітлення холодної температури (> 5300 K), порівняно із суміщеним колірною температури 4100-5300 K. Вказаний ефект найбільш значуще проявлявся у період 9:00-13:00 для вікової групи 41-60 рр., що підтверджує необхідність при теоретичних дослідженнях та при впровадженні систем ОС на підприємствах приділити увагу демографічному складу робітників та графіку їх роботи.

Аналіз візуальних вподобань показали, що більший рівень задоволеності досягається при суміщеному освітленні колірною температурою 4100-5300 K, порівняно із суміщеним освітленням холодної колірної температури (> 5300 K).

Самооцінювання рівня працездатності показало, що працівники оцінюють свій рівень працездатності як більш високий, при суміщеному холодному освітленні.

Одержані результати та рекомендації дисертаційної роботи впроваджені:

- в Енерго-інноваційному Хабі (м. Дніпро) у рамках комплексної оцінки безпеки заходів енергоефективного напрямку;
- на підприємстві ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ» при оцінці робочих місць проєктувальників з урахуванням вимог до систем освітлення в робочому приміщенні;
- в роботі кафедри архітектури ННІ ПДАБА УДУНТ;
- в навчальному процесі кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІ ПДАБА УДУНТ.

Основні результати досліджень опубліковано у 1 статті в міжнародному фаховому виданні із списку Scopus, 5 фахових виданнях категорії «Б» України, 2 статтях закордонних періодичних видань, 1 колективній монографії. Додатково результати досліджень представлено в матеріалах 13 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Ключові слова: санітарно-гігієнічні умови праці, безпека праці, охорона праці, світлове середовище, зір, енергоефективність, освітлення робочих приміщень, оцінка ризику, порушення функціонального стану організму, зорова працездатність, працеспроможність, показники працеспроможності, ризик орієнтований підхід, зорові робіти високої точності, вимірювальні прилади, природнє, суміщене, штучне освітлення, лабораторний експеримент, функціональний стан, психічна діяльність, напруженість праці, заходи підвищення рівня безпеки.

ABSTRACT

Zhurbenko, V. Improving Safety of High-Performance of Works Taking Into Account the Comprehensive Assessment of Light Environment – Qualifying scientific paper as a manuscript.

The thesis for PhD degree in specialty 263 «Civil Security» (26 – «Civil Security») – Educational Scientific Institute «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» of the Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, 2025.

The dissertation is devoted to improving labour safety during the performance of high-precision visual work by workers in various industries through the use of a developed comprehensive assessment of the effects of the light environment on workers in workplaces, and the introduction of measures and means on its basis to improve the level of safety in permanent workplaces.

Over the last quarter of a century, the increase in the share of production automation and the use of machines and visual remote control devices both in Ukraine and globally has caused an increase in the proportion of acquired occupational diseases and injuries both directly to the visual analyser and to the body systems in general associated with its overstrain. One of the most urgent tasks to ensure the protection of the population and equipment during military operations is the design and reconstruction of new enterprises and public buildings with the possibility of using part of their usable area as dual-purpose structures (DPS) with protective properties of shelters or radiation shelters. This makes it important to introduce energy-efficient lighting systems with low heat generation, protection against voltage surges and the ability to switch to autonomous power sources in case of an emergency. The operation of such systems should ensure the creation of a visual environment that takes into account the complexity of visual tasks performed in the room, as well as the psychological and physiological requirements of the employees performing these tasks. At the same time, our analysis has shown that both in the world and in Ukraine, insufficient attention is paid to the impact of the light environment on the performance of various types of work with high visual system

strain. In view of the above, as the level of production automation increases, it is important to conduct a study of working conditions, taking into account the impact of the light environment on workers.

The **introduction** briefly describes the relevance of the topic, the purpose, objectives of the study and its scientific novelty. The practical significance of the results obtained, the personal contribution of the applicant, the results of the testing and possible further research directions are presented.

The **first section** presents the results of the analysis of statistics on accidents and acquired occupational diseases in Ukraine for 2015-2022. It is determined that the impact of the visual factor among other factors of the production environment is the most significant for a number of professions in various industries where the activities of employees require prolonged and intense sensory loads associated with the performance of high-precision visual work. It has been established that the significant role of automation and computerisation of technological processes in Ukraine and the world in recent years has become a source of expansion of the group of occupationally related diseases associated with the performance of high-precision visual work requiring significant strain on the visual analyser.

Based on the analysis of literature data, it is found that the regulatory framework of Ukraine does not allow for a comprehensive assessment of the quality of the light environment in the workplace and to assess the risks of its impact on the health and performance of workers performing high-precision visual work. The necessity and expediency of assessing the light environment in work areas, taking into account the characteristics of visual work, age characteristics of workers, photometric characteristics of light sources and further improvement of the assessment criteria, are substantiated, the aim and objectives of the study are formulated. Based on the analysis of studies in the field of occupational health and psychology, it has been established that changes in the indicators of safety, performance and functional state of a person depend on the light source, colour temperature, illumination level, visual characteristics of the room decoration.

The **second section** analyses working conditions in various areas of production and occupations of employees according to the State Classifier of Occupations DK 003:2010. Based on this analysis, the purpose and objectives of the study are formulated and it is proposed for the first time to identify a group of professions simplified by the criterion of the characteristics of high-precision visual work: ‘designers and constructors’. The analysis also showed that the recommended methods of sanitary and hygienic assessment of the hazard class of working conditions based on the criterion of the light environment at workplaces do not allow to fully assess the impact of visual factors on the psychophysiological state of workers, their safety and performance, taking into account individual characteristics and features of the production process. The analysis of international and national acts regulating the parameters of the light environment at workplaces and research methods that take into account the quality of the light environment and establishes that they do not fully take into account the requirements of workers performing high-precision visual work to the light environment in the working area and at workplaces.

Taking into account the data of world experience in assessing working conditions by the factor of the light environment, we first proposed to assess the visual environment according to the following criteria: ensuring safety, taking into account the impact of the light environment on the physical and psychophysiological state of workers; visual performance; visual comfort. Based on the results of our research, we first proposed an algorithm for a step-by-step assessment of the quality of lighting in the workplace to evaluate the components of the light environment, taking into account the impact of natural and artificial lighting on performance, safety and psychophysiological activity, taking into account the psychophysiological state of workers.

A structural model for conducting studies of the impact of the visual environment on the psychophysiological state of a person has been developed and applied, and a methodology for assessing the impact of the light environment in production facilities on occupational safety, performance and psychophysiological state of workers performing high-precision visual work has been substantiated. For

the first time, a scheme of a step-by-step cycle for assessing labour safety, performance and psychophysiological state of employees, taking into account the impact of lighting on the safety of high-precision work, is proposed.

Based on the research, scientific and practical justification, a comprehensive methodology has been developed that takes into account the simultaneous assessment of the impact on safety, performance and psychophysiological state of a person.

The **third section** presents the results of instrumental measurement and mathematical modelling of the levels of natural and combined lighting in experimental premises where high visual accuracy work is carried out at different times of the year. Regularities have been established that, with a high (86-98%) level of reliability, allow predicting the characteristics of the light environment in workspaces depending on the time of year, layout and arrangement of the premises. Recommendations are given for bringing the horizontal illumination level to the normative values, taking into account both economic requirements and increased requirements for the visual comfort of workers performing high-precision work, in terms of dazzle by direct and reflected light.

Based on a comparative analysis of the results of instrumental measurements and mathematical modelling of illumination in experimental rooms, it was found that a large number of control points are required to achieve a high degree of accuracy (error less than 10 %) of instrumental measurements. Taking into account the changing nature of natural light, instrumental measurements need to be carried out in a short time. These factors, combined with the regulatory requirements for natural light during measurements (cloudy weather), significantly reduce the ability to assess the main qualities of the light environment in workplaces using instrumental measurement methods.

Mathematical modelling of workplace lighting makes it possible to determine a number of factors in the visual environment at workplaces. The error does not exceed 10%. However, a high degree of accuracy in determining the characteristics of the light environment using mathematical modelling can be achieved if there is complete

input data on the experimental room, the object in which it is located and the surrounding buildings.

It has been determined that mathematical modelling of room lighting allows an assessment of the main quantitative parameters of the light environment of a room. At the same time, data processing and calculation time is less than with the instrumental measurement method; it is possible to simulate the light environment using different lighting installations in the modelled room; it is possible to calculate for rooms that are being designed or reconstructed, or to which there is no physical access. Comparison of the results obtained by mathematical modelling with the objective results of instrumental measurements (discrepancy of less than 12%) allows us to conclude that it is advisable to use and implement it to determine the main characteristics of lighting in industrial premises that are being designed, reconstructed, or to which there is no access.

It has been established that high reliability of the mathematical model in the DIALux software environment can be achieved by modelling on the basis of the maximum number of parameters available to the program.

In **fourth section** we substantiates the composition of the study group and the conditions of the experiment to assess the impact of the light environment on occupational safety, performance and visual comfort of workers (students, teachers and staff) when performing high-precision visual work in the experimental room. It has been determined that the actual average monthly level of natural illumination in a room significantly depends on the geographical latitude and season. Therefore, if it is impossible to carry out instrumental photometric measurements, a method of mathematical modelling is proposed.

In a laboratory experiment, when modelling the parameters of the light environment (type of light source, illumination level, colour temperature, etc.), we studied changes in the physiological parameters of workers (pulse, blood pressure) and determined the indicators of work accuracy and mental performance based on the Landolt's Ring proofreading test. The research proved the regularity of the dependence of changes in physiological indicators on the period of working time,

which affects mental functions. This effect causes a decrease in the level of accuracy of work performance and mental performance in the period from 13:00 to 15:00, which shows an increase in the risk of injury during this period due to incorrect visual assessment of the working environment, an increase in the number of errors and a decrease in the efficiency of high visual accuracy robots, as well as an increase in the risk of occupational diseases due to overstrain of the visual analyser systems.

A comparative analysis of the results of the proofreading test showed a higher level of indicators of work accuracy, mental performance and information processing speed under conditions of mixed cold temperature lighting (> 5300 K), compared to the combined colour temperature of 4100-5300 K. This effect was most significantly manifested in the period 9:00-13:00 for the age group 41-60 years, which confirms the need to pay attention to the demographic composition of workers and their work schedule in theoretical research and when implementing OS systems at enterprises.

The analysis of visual preferences has shown that a higher level of satisfaction is achieved with combined lighting with a colour temperature of 4100-5300 K, compared to combined lighting with a cold colour temperature (> 5300 K).

Self-assessment of the level of performance showed that workers assess their level of performance as higher under combined cold lighting.

The results and recommendations of the dissertation have been implemented:

- in the Energy Innovation Hub (Dnipro) as part of a comprehensive safety assessment of energy efficiency measures;
- at the enterprise LLC «UKRSITISTROI» in the assessment of engineers' workplaces, taking into account the requirements for lighting systems in the workplace;
- in the work of the Department of Architecture of the Educational Scientific Institute «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» of the Ukrainian State University of Science and Technology;
- in the educational process of the Department of Ecology and Environmental Protection of the Educational Scientific Institute «Prydniprovsk State Academy of

Civil Engineering and Architecture» of the Ukrainian State University of Science and Technology.

The main research results have been published in 1 article in an international peer-reviewed journal from the Scopus list, and 5 peer-reviewed journals of category "B" in Ukraine, 2 articles in international periodicals and in 1 collective monograph. In addition, the research results are presented in the proceedings of 13 international and all-Ukrainian scientific and practical conferences.

Key words: sanitary and hygienic working conditions, labour safety, labour protection, light environment, vision, energy efficiency, lighting of workspaces, risk assessment, impaired functional state of the body, visual performance, performance, performance indicators, risk-based approach, high-precision visual work, measuring instruments, natural, combined, artificial lighting, laboratory experiment, functional state, mental activity, work intensity, safety measures.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

Публікації у наукових фахових виданнях України:

1. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2022) Напрямки досліджень по підвищенню комфортності світлового середовища // Вісті Донецького гірничого інституту, Луцьк – 2022. – № 1(50). – С. 7-15 *(особистий внесок здобувача – аналіз статистики набутих хвороб ока у Україні і світі, порівняльний аналіз документів, що нормують параметри візуального середовища у робочих приміщеннях для України та за кордоном).*

DOI: <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15>.

2. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2023) Обґрунтування актуальності розробки сучасних методик дослідження виробничого середовища з урахуванням світлового фактору // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2023. – № 2(11). – С. 27-38 *(особистий внесок здобувача – аналіз нормативних документів, обґрунтування вибору основних критеріїв оцінки та розробки методики дослідження для оцінки світлового середовища при виконанні зорових робіт підвищеної складності).*

DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-2-11-27-38>.

3. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2024) Оцінка світлового середовища з урахуванням безпеки праці та працездатності людей при виконанні робіт високої зорової складності // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2024. – № 1(12). – С. 33-42 *(особистий внесок здобувача – розробка вдосконаленої методики дослідження світлових факторів виробничого середовища, обробка результатів).*

DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2024-1-12-33-42>.

4. Беліков А.С., Тодоров О. П., Шиба О.В., Журбенко В. М. (2023) Аналіз травматизму та загибелі людей через порушення вимог безпеки в Україні / // Український журнал будівництва та архітектури. Дніпро – 2023. – № 5. – С. 55-64 *(особистий внесок здобувача – аналіз та обробка статистики виробничого травматизму в Україні).*

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.55.993

5. Беліков А. С., Подкопаєв С. В., Журбенко В. М., Нажа П. М. (2024) Застосування інтегрального ризикорієнтованого підходу при впровадженні комплексної оцінки візуального середовища // Український журнал будівництва та архітектури, Дніпро. – 2024 (*особистий внесок здобувача – обґрунтування застосування ризик-орієнтованого підходу під час інтегральної оцінки візуальних характеристик робочого середовища*).

DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.36.1090>.

Публікації в наукових журналах, які індексуються у Scopus:

6. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P., Nazha, P. (2023). The Influence of the Visual Factor on the Efficiency of Visualization Method in the Production Environment. In: Gomes Correia, A., Azenha, M., Cruz, P.J.S., Novais, P., Pereira, P. (eds) Trends on Construction in the Digital Era. ISIC 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 306. Springer, Cham. P. 327-333 (*особистий внесок здобувача – проведення дослідження, аналіз та обробка результатів дослідження*).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22

Публікації у періодичних закордонних наукових виданнях:

7. Журбенко, В., Саньков, П., Нажа, П. (2021). Актуальність вивчення впливу візуальних чинників міського середовища на здоров'я жителів індустріальних міст // Scientific Collection «InterConf+» : International Scientific Discussion: Problems, Tasks and Prospects (October 21-22, 2021, Brighton, Great Britain). InterConf, (81), P.271-277.

DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.10.2021.034>

8. Журбенко, В. М., Беліков, А. С. (2022). Методики комплексної оцінки візуального середовища для підвищення безпеки при виконання робіт високої точності // Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference (August 14-16, 2022). MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2022. Pp. 110-115. URL: <https://sci-conf.com.ua/xv-mizhnarodna-naukovo-praktichna->

konferentsiya-modern-scientific-research-achievements-innovations-and-development-prospects-14-16-08-2022-berlin-nimechchina-arhiv/.

Розділ у колективній монографії:

9. Саньков П. М., Журбенко В. М. (2021) Комплексні моделі розвитку міських просторів на базі теорії резонансу // XXVI International Scientific and Practical Conference “Topical issues of practice and science” (pp. 40-43) May 18-21, 2021, London, Great Britain.

Публікації, які додатково відображають результати проведених досліджень

Публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій:

10. Журбенко В. М., Саньков П. М. Якість візуального середовища як індикатор сталого розвитку / В. М. Журбенко, П. М. Саньков // II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends» II Міжнародна науково-практична конференція – Оксфорд, GBR, 28 травня 2021. – С. 187–188. DOI: 10.36074/logos-28.05.2021.v2.54.

11. Журбенко В. М., Нажа П. М., Саньков П. М. та ін. Проблеми та методи оцінки візуальної якості антропогенного середовища // Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектури : тези XIX міжнар. наук.-практ. конф., (19-22 вересня 2021 р., м. Чернігів). – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – С. 158-160.

12. Журбенко, В. М., Саньков, П. М. Комплексна оцінка візуальних якостей міського середовища як крок до його системної гармонізації // Scientific foundations of solving engineering tasks and problems: collective monograph / Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Hladyshev D., Babyak V.– etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. С. 541-544. DOI: 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II

13. Журбенко, В., Беліков, А., Саньков, П., & Апанасенко, А. (2021). Роль впливу візуального середовища на психофізіологічні особливості безпеки праці. // I International Scientific and Theoretical Conference «Features of the

development of modern science in the pandemic's era» (pp. 40-42), Berlin, DEU (December 3, 2021). DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-03.12.2021>

14. Беліков А. С., Саньков П. М., Журбенко В. М. Шляхи підвищення ефективності використання методу візуалізації у виробничому середовищі // Збірник доповідей XIII Міжнародної науково-методичної конференції та 147 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 2 – 3 грудня 2021 р., НТУ «ХП», – Харків, 2021. – С. 24-26.

15. Журбенко, В. М., Сизько В. Є. Пропозиції по модернізації житлової забудови України // Матеріали VII міжнародного молодіжного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів Національний університет «Львівська політехніка»: Збірник матеріалів – Київ : Яроченко Я. В., 2022. – С. 211. DOI: <https://doi.org/10.51500/7826-04-9>

16. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P. (2022). The role of visual factors in formation of safe workplaces // Матеріали дистанційної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених «Наука і техніка: перспективи XXI століття» (Дніпро, 24 березня 2022 р.). Дніпро. ДВНЗ «ПДАБА», 2022. – С. 63.

17. Журбенко В. М., Беліков А. С. Шляхи забезпечення охорони праці при виконанні робіт високої зорової точності // *Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18-19 жовтня 2022 р. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – С. 158-162.

18. Журбенко В.М. Інтегральний підхід оцінки світлового середовища при виконанні робіт підвищеної небезпеки // *Проблеми гарантування безпеки людини в умовах сучасних викликів*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23-24 березня 2023 р. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2023., 223 с. – С. 73-76.

19. Журбенко В. М. Роль оцінки комплексної дії факторів світлового середовища на безпеку робочих місць / В. М. Журбенко, В. А. Шаломов // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023», присвяченій 119-й річниці з дня народження академіка АН УРСР, д. т. н., професора Кирила Федоровича Стародубова за темою «Актуальні проблеми матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій та у повоєнній відбудові України», 19 квітня 2023 р. : зб. тез. – Дніпро : ПДАБА, 2023. – С. 37-38.

20. Журбенко В.М. Роль впливу візуального середовища на безпеку робіт високої зорової складності // *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, August 3-4, 2023*. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 570 p. – P. 217-219.

21. Беліков А. С., Журбенко В. М., Любчук В. М. Розробка методики дослідження впливу візуального середовища при виконанні робіт високої зорової складності з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності, безпеки праці // *Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle (ICSBT 2024)*, 20-21 February 2024, Dnipro, Ukraine: EDP Sciences, 254 p. (Vol 1) – С. 61-63.

22. Журбенко В.М. Дослідження візуального середовища з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності та безпеки праці // *Безпека життєдіяльності в XXI столітті: XX Всеукраїнська студентська науково-практична конференція* (17 – 18 квітня 2024) – Дніпро: ПДАБА, 2024. – С. 6-8.

ЗМІСТ

ВСТУП	24
РОЗДІЛ 1	32
АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ. СТАН УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ	
1.1 Аналіз причин нещасних випадків та професійних захворювань в Україні та світі	32
1.2 Аналіз негативних факторів виробничого середовища	37
1.2.1 Вплив світлового середовища на умови праці	38
1.2.2 Нормування та оцінка умов праці з урахуванням світлового середовища	42
1.3 Вплив джерел світлового середовища на безпеку працівників	46
Висновки до розділу 1	56
РОЗДІЛ 2	59
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ ТА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ ТОЧНОСТІ	
2.1 Аналіз національних та міжнародних вимог при проектуванні світлового середовища	59
2.2 Вибір основних критеріїв та розробка методики оцінки виробничого світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності	71
2.3 Обґрунтування проведення комплексних досліджень оцінки впливу світлового середовища на працівників при виконанні робіт високої зорової точності	80
2.3.1 Вибір і використання інструментальних методів дослідження світлового середовища у виробничих приміщеннях	80
2.3.2 Вибір і використання експрес- та аналітичних методів при оцінці світлового середовища у виробничих приміщеннях	89
2.4 Обґрунтування вибору методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність і комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих	96
2.5 Моделювання зв'язку параметрів світлового середовища з параметрами сприймаючої біологічної системи	99
Висновки до розділу 2	104
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОНАННІ НА ПРАЦІВНИКІВ РОБІТ ПІДВИЩЕНОЇ	107

ЗОРОВОЇ ТОЧНОСТІ

3.1 Обґрунтування вибору експериментального приміщення та умов проведення експерименту	107
3.2 Проведення інструментального дослідження КПО та горизонтальної освітленості в експериментальних приміщеннях	118
3.3 Проведення математичного моделювання характеристик світлового середовища в експериментальних приміщеннях	130
Висновки до розділу 3	136

РОЗДІЛ 4

139

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІ, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ВІЗУАЛЬНИЙ КОМФОРТ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ СКЛАДНОСТІ

4.1 Обґрунтування складу дослідної групи та умов проведення експерименту	139
4.2 Умови та структура проведення експерименту	141
4.3 Проведення дослідження впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та візуальний комфорт працівників при виконанні робіт високої зорової точності	145
4.3.1. Дослідження впливу колірної температури світлового середовища на фізіологічну реакцію організму при виконанні робіт високої зорової точності	145
4.3.2 Дослідження показників уваги, швидкості обробки інформації та розумової працездатності за допомогою коректурної проби «Кільця Ландольта».	150
4.4 Метод самооцінювання працездатності та функціонального стану	156
4.5 Впровадження комплексної методики оцінки впливу освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової складності	166
4.5.1 Впровадження на підприємстві «Енерго-інноваційний Хаб» (м. Дніпро)	166
4.5.2 Впровадження на кафедрі архітектури ННІ ПДАБА УДУНТ	164
Висновки до розділу 4	169
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	167
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	169
ДОДАТКИ	195

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ ТА СКОРОЧЕНЬ

АТ (С), АТ(Д) – артеріальний тиск (систоличний, діастолічний);

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ЛР – лампа розжарювання;

ОС – освітлювальна система;

ОУ – освітлювальна установка;

КПО – коефіцієнт природнього освітлення;

СК – світловий коефіцієнт;

СПП – споруда подвійного призначення;

ССТ – корельована колірна температура (K);

GHI (global horizontal irradiation) – горизонтальна сонячна радіація (Вт/м^2);

L – яскравість (кд/м^2);

LED (light emitting diode) – світлодіодне джерело освітлення;

LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) – показник енергоефективності освітлення приміщень, кількість енергії, що витрачається на освітлення на рік (кВт.год/м^2 на рік);

LRV (Light Reflectance Value) – показник світловідбиття поверхні (від 1 до 0);

P – електрична споживана потужність (Вт);

R_a, CRI – загальний індекс кольоропередачі (від 1 до 100);

RSMF (англ. room maintenance factor) – коефіцієнт експлуатації поверхонь приміщення, який враховує забруднення поверхонь, що оточують приміщення протягом часу експлуатації (від 0 до 1);

UGR – об'єднаний показник дискомфорту (одиниця вимірювання);

UGR спостерігач – розрахункова точка приміщення, для якої визначаються UGR значення.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Згідно проведеного аналізу стану охорони праці в світі і в Україні визначено, що в 21 столітті, незважаючи на науково-технічний прогрес, травмування та кількість випадків набутих професійних захворювань не зменшилась. Однією з основних причин такого стану є збільшення напруженості праці з використанням машин, устаткування, приладів дистанційного контролю, що призводить до втомленості, зменшення при виконанні зорових робіт високої точності рівня уваги працівників: операторів, конструкторів, інженерів, проєктувальників, диспетчерів, працівників лабораторій та інших. Визначено, що при оцінці впливу світлового середовища при виконанні робіт вказаним категоріям працівників не приділяється достатньо уваги та не проводяться дослідження, направлені на оцінку умов праці, підтримання безпеки, працездатності та психофізіологічних можливостей.

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

Встановлено, що при проєктуванні нових об'єктів та модернізації виробництв в проєктних рішеннях не приділяється достатньої уваги впливу світлового середовища на умови праці, що не дозволяє забезпечити підвищення безпеки праці та працеспроможності. Такий стан пов'язаний з відсутністю комплексної оцінки умов безпеки, працездатності та зорового комфорту праці за параметрами світлового середовища. Тому підвищення безпеки праці робітників, що виконують зорові роботи високої точності, з урахуванням параметрів світлового середовища виробничої зони є важливою **актуальною задачею**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з планом науково-дослідних робіт:

1. «Безпека в різних сферах життєдіяльності людини та охорона праці» (номер державної реєстрації 0120U105444), що розроблялась в період 2021-2023 рр.

2. «Охорона праці, виробнича, цивільна та екологічна безпека в різних сферах життєдіяльності людини» (номер державної реєстрації 0124U001896), що є діючою темою на період 2024-2026 рр.

Метою представленої дисертаційної роботи є підвищення рівня безпеки працівників, що виконують роботи високої зорової точності, за рахунок комплексної оцінки впливу параметрів світлового середовища на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працівників.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі основні **наукові задачі**:

- провести статистичний аналіз праці виробничого середовища в Україні. На основі аналізу виділити основні причини виникнення нещасних випадків та професійних захворювань в Україні та світі;

- провести аналіз методик та міжнародних та національних стандартів щодо оцінки світлового середовища на робочих місцях;

- провести дослідження та аналіз професій робітників за Національним класифікатором України «Класифікатор професій» ДК 003:2010 та визначити споріднені групи професій за критерієм робіт високої зорової точності;

- провести обґрунтування вибору критеріїв умов праці за фактором світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності;

- з урахуванням визначених критеріїв, розробити комплексну методику оцінки впливу параметрів світлового середовища на працівників при виконанні робіт високої зорової точності;

- з урахуванням вибору експериментального приміщення та умов праці провести інструментальне дослідження та математичне моделювання

світлового середовища в експериментальних приміщеннях при виконанні робіт високої зорової точності;

- провести комплексне дослідження впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працівників при виконанні робіт високої зорової точності та на основі отриманих результатів визначити основні заходи щодо їх поліпшення;

- впровадити одержані результати на виробництві.

Об'єкт дослідження: процеси, пов'язані з виконанням робіт високої зорової точності, що призводять до напруження зорового аналізатора.

Предмет дослідження: забезпечення безпеки зорових робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища.

Ідея роботи полягає у використанні розробленої комплексної методики на основі методів інструментальних і математичних засобів оцінки параметрів світлового середовища для забезпечення підвищення безпеки, високої працездатності та зорового комфорту при виконанні робіт високої зорової точності.

Методи досліджень:

Теоретичні засади роботи базуються на аналізі фундаментальних досліджень з питань дії світлового середовища на безпеку праці при виконанні зорових робіт високої точності. В дослідженні використовувались інструментальні, математичні методи моделювання характеристик освітлення робочого середовища; методика оцінки дії світлового середовища за показниками зміни психофізіологічних показників організму працюючих; метод коректурної проби; методика оцінки функціонального стану працівників шляхом самооцінювання безпеки, уваги, зорових вподобань та працездатності.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлено закономірності, які дозволяють прогнозувати оцінку світлового середовища на робочих місцях з урахуванням складності зорової

роботи, сезонності, години робочого часу та архітектурно-планувального рішення приміщення (похибка вимірювання $< 10\%$).

- на основі одержаних результатів запропоновано моделювання освітлення приміщень із застосуванням програмного середовища DIALux, що дозволило оцінювати світлове середовище з урахуванням обладнання та меблів у приміщенні, варіантів яскравості та захмареності неба для різних широт, розміщення штучного освітлення, що дозволяє зменшити час на обробку попередніх результатів на 2-2.5 люд/год.

- вперше запропоновано оцінку світлового середовища проводити за наступними критеріями: уваги та безпеки працюючих, працездатності, фізичного та психофізіологічного стану.

- розроблено алгоритм покрокової оцінки якості освітлення у робочому приміщенні для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природнього і штучного освітлення на безпеку, працездатність, та психофізіологічну діяльність з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

- розроблена структурна модель проведення досліджень впливу візуального середовища на психофізіологічний стан людини та проведено обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

- на основі проведеного наукового та практичного обґрунтування розроблено комплексну методику оцінки впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працюючих, що дозволяє підвищити рівень безпеки праці.

- встановлено закономірності впливу показників колірної температури, часу доби на точність виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації. Встановлено залежність зміни вказаних показників від вікової групи працівників.

Наукове завдання роботи: підвищення рівня безпеки праці в залежності від показників фізіологічної та психологічної реакції на виконання зорового завдання високої точності при визначених параметрах світлового середовища.

Наукове значення роботи полягає в теоретичному та практичному обґрунтуванні застосування методики комплексної оцінки впливу світлового середовища на безпеку праці, що дозволяє знизити ризик травмування та розвитку професійно зумовлених хвороб, пов'язаних із перенапруженням зорового аналізатора. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректною постановкою завдань дослідження; застосуванням апробованих методів математичного моделювання інструментальних вимірювань, статистики, теорії ризиків, значною кількістю проведених експериментів з апробації алгоритмів і технічних засобів; позитивною апробацією і впровадженням на практиці методики оцінки та практичних рекомендацій з підвищення безпеки світлового середовища для працюючих.

Практичне значення отриманих результатів:

- на основі проведеного аналізу за державним класифікатором професій ДК 003:2010 виділено групу споріднених професій за критерієм виконання робіт високої зорової точності: «проектувальники та конструктори», що дозволяє комплексно оцінювати вплив світлового середовища для даної категорії працівників на робочих місцях.

- розроблена структурна модель оцінки візуального середовища на психофізіологічний стан людини, проведено наукове та практичне обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

- розроблена «Методика комплексної оцінки впливу світлового середовища в робочих приміщеннях на безпеку праці, працездатність, та психофізіологічний стан працівників під час виконання зорових робіт високої точності» впроваджена Енерго-інноваційним Хабом (м. Дніпро) у рамках

«Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (FEER), у проєктній роботі ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ», у робочому та навчальному процесі кафедри архітектури та кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІ ПДАБА УДУНТ, що довело важливу науково-теоретичну та прикладну значущість досліджень світлового середовища для підвищення рівня безпеки та працездатності працюючих під час виконання робіт високої точності, при розробці проєктів енергетичної ефективності, під час реконструкції робочих приміщень та у будівництві.

Основні матеріали дослідження та його результати опубліковано в 5 фахових виданнях України та 1 статті у журналі із списку міжнародних видань Scopus, 2 статтях періодичних закордонних видань, 1 матеріалі колективної монографії, виданої за кордоном.

Додатково результати дослідження опубліковано в матеріалах 13 науково-практичних міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Апробація матеріалів дисертації. Головні положення і результати дисертаційної роботи було обговорено та викладено на науково-практичних конференціях міжнародного та всеукраїнського різного рівня, а саме: XXVI Міжнародній науково-практичній конференції «Topical issues of practice and science» (18-21 травня, 2021, Лондон, Великобританія); II Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретичні та емпіричні наукові дослідження: концепції та тенденції» (28 травня 2021 р. Великобританія, Оксфорд); XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектури» (Чернігів, 19 – 22 вересня 2021 р.); Міжнародній науковій конференції «Problems, Tasks and Prospects» (21-22 жовтня, 2021 Брайтон, Великобританія); I Міжнародній науково-теоретичній конференції «Особливості розвитку сучасної науки в епоху пандемії» (3 грудня 2021 р., Берлін, Німеччина); XIII Міжнародній науково-методичній конференції та 147 Міжнародній науковій конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних

умовах» (2 – 3 грудня 2021 р., НТУ «ХП», Харків); VII міжнародному молодіжному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (10 – 11 лютого 2022 р., Україна, Львів, Національний університет «Львівська політехніка»); дистанційній науково-практичній конференції студентів і молодих вчених «Наука і техніка: перспективи XXI століття» (Дніпро, 24 березня 2022 р.); 3 Міжнародній конференції «Питання будівництва у пост-дігитальній епосі» (вересень 2022, Гуімараес, Португалія); Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту» (Хмельницький, 18 19 жовтня 2022 р.); 15 Міжнародній науково-практичній конференції «Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects» (14-16 серпня 2022 р., Берлін, Німеччина); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми гарантування безпеки людини в умовах сучасних викликів» (Луцьк, 23-24 квітня, 2023 р.); XXIII Міжнародній науково-практичній конференції «Стародубовські читання – 2023», за темою «Актуальні проблеми матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій та у повоєнній відбудові України» (19 квітня 2023 р., м. Дніпро, ПДАБА); 5 Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції (Дніпро, 3 – 4 серпня 2023 р.); XXI міжнародній конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (26 жовтня 2023 року, м. Дніпро); Міжнародній конференції «Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle» (Дніпро, ПДАБА, 20 21 лютого 2024 р.); XX Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Безпека життєдіяльності в XXI столітті» (Дніпро, ПДАБА, квітень 2024 р.); заходах «Ніч молодіжної науки в умовах війни» (18 травня 2022 р. та 10 листопада 2022 р.); вебінарі Енерго-інноваційного Хабу «Використання у навчальній діяльності НП GIZ для майстрів та викладачів ЗП(ПТ)О» (3 травня 2023 р., м. Дніпро).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 229 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 6 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 192 сторінки друкованого тексту. Робота ілюстрована 54 таблицями, 61 рисунком. Список використаних джерел містить 225 найменувань, з них 90 кирилицею та 135 англомовні.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ. СТАН УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

1.1 Аналіз причин нещасних випадків та професійних захворювань в Україні та світі

В умовах стрімкого розвитку промисловості та технологій виробництва найціннішим для людини є її здоров'я та працездатність [1]. У всіх варіантах системи «людина-середовище» людина є постійним і незамінним компонентом.

У 2015-2022 рр. динаміка зростання кількості нещасних випадків, зафіксованих фондом соціального страхування та за формою державного статистичного спостереження № 7-тнв (річна) «Звіт про травматизм на виробництві» (рис. 1.1) та набутих професійних захворювань (рис. 1.2) показує, що ймовірність травматизму на робочому місці та поширення професійних хвороб в Україні (без урахування травматизму, пов'язаного з наслідками активних військових дій) у 6-7 разів вища ніж в країнах Європи [2-5].



Рис. 1.1 Динаміка загальної кількості нещасних випадків на виробництві за даними актів за формами Н-1, Н-5 пов'язаних із виробництвом, за 2015-2022 рр.

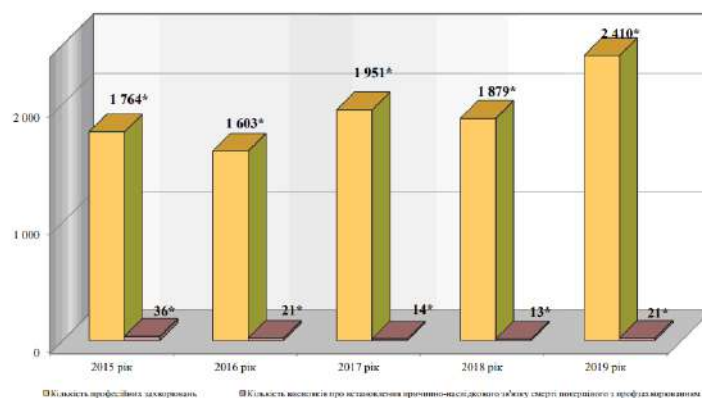


Рис. 1.2 Динаміка кількості професійних захворювань за 2015-2019 рр.

Дослідження свідчать, що найбільший приріст зафіксованих страхових випадків спостерігається в регіонах із високою щільністю промислових об'єктів гірничого, агропромислового виробництва, будівництва та виробництва будівельних матеріалів, а також транспортних перевезень[3, 4]. 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 %. (рис. 1.3).

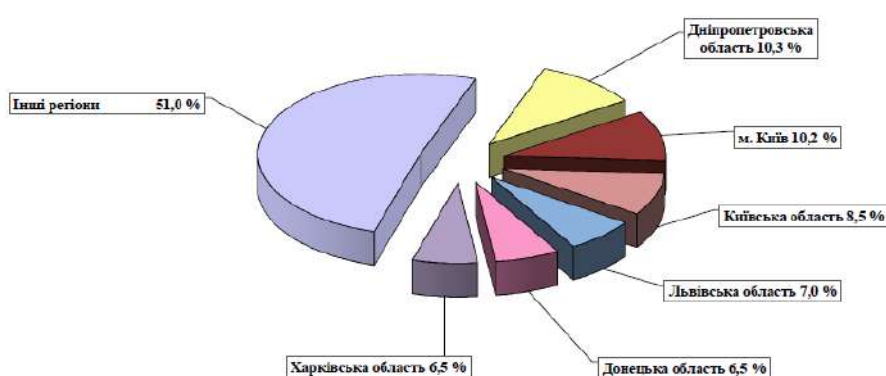


Рис. 1.3 Діаграма кількості страхових нещасних випадків по регіонах України за 2020 рік (у відсотках до загальної кількості страхових нещасних випадків по Україні).

Ключовими факторами виникнення нещасних випадків є: організаційні (60-70 %, а в окремих регіонах понад 80 %), психофізіологічні (24,3-32,4 %) та технічні (3,45 %).

Більшість організаційних причин пов'язана з недотриманням вимог безпеки праці. Психофізіологічні причини посідають серед них друге місце (зокрема, 73% – через неналежні умови праці, 18% – через неналежні стандарти праці та некомпетентність інше – через особисту недбалість).

Дослідження показують, що показники травматизму та професійних захворювань в Україні значно перевищують рівень у промислово розвинених державах. Для порівняння, у країнах Європейського Союзу щорічно отримують травми близько 10 мільйонів осіб, з яких майже 8000 випадків закінчуються летально [5, 6].

За даними Всесвітньої організації праці (ВОП), рівень виробничого травматизму та професійних захворювань суттєво перевищує показники розвинених країн у державах, що розвиваються. Статистичні дані ВОП за період з 2010 до 2016 року демонструють, що в державах із потужним високотехнологічним виробництвом, таких як Швейцарія, Данія та Нідерланди, спостерігається тенденція до зростання професійних захворювань і випадків травматизму, які обумовлені психофізіологічними факторами [7, 8].

Згідно зі статистикою [4], у світі кожні три хвилини одна людина гине через виробничу травму або професійне захворювання, а ще четверо отримують ушкодження. В Україні травмування відбувається кожні вісім хвилин, а смертельний випадок фіксується кожні п'ять годин.

Згідно з інформацією, наданою фондом соціального захисту, кількість хвороб, спричинених робочою діяльністю, у 2021 році зросла на 31,6% порівняно з попереднім роком. Варто зазначити, що випадки захворювання медичних працівників на COVID-19 не враховуються в загальній статистиці, оскільки класифікуються як нещасні випадки на виробництві. За даними Всесвітньої організації праці, у світі в середньому на кожні 100 тисяч

працюючих припадає приблизно 6 смертельних випадків, тоді як в Україні цей показник майже вдвічі вищий – 11 загиблих на 100 тисяч осіб [4, 5].

В умовах розвитку промисловості головним фактором підвищення ризику травматизму та виникнення хвороб, пов'язаних з роботою, є ігнорування необхідних стандартів безпеки праці. Особливо це стосується осіб середнього віку (40-50 років) [9].

Згідно відомостям, наданих фахівцями міжнародної програми МОП, основними причинами нещасних випадків із смертельними наслідками в Україні є:

- незадовільний стан виробничого середовища та технологічно застаріле обладнання;
- недостатній рівень інформованості працівників та роботодавців щодо питань безпеки праці;
- недостатній нагляд за дотриманням правил безпеки на робочих місцях і виконанням прийнятих нормативів;
- низький рівень забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.
- повільне запровадження колективних засобів безпеки на підприємствах.

Інформація, надана професійною спілкою працівників будівельної галузі та промисловості будівельних матеріалів України [10], вказує на те, що на виникнення травматичних інцидентів у цій сфері впливають наступні чинники:

- наявність на робочому місці небезпечних і шкідливих чинників, механізації та автоматизації виробничих процесів тощо;
- умови праці у виробничих цехах і на ділянках, включаючи освітлення робочих місць, виробничий мікроклімат, виконання робіт підвищеної небезпеки та використання під час виконання виробничих завдань обладнання підвищеної небезпеки;
- недоліки у проведенні навчань з питань охорони праці, особливо керівників, які навчаються здебільшого формально, і робітників та працівників

найпростіших професій, а також недостатнє проведення для цих груп працівників інструктажів, особливо цільових;

- недоліки у проведенні на підприємствах атестації робочих місць за умовами праці та використанні результатів атестації для розробки комплексного плану покращення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

- стан утримання робочого обладнання, проведення періодичних його оглядів, опосвідчень, поточних і капітальних ремонтів та випробувань.

Дані про настання нещасних випадків із смертельними наслідками свідчать, що найбільше працівників (39,3% від загального числа), загинули внаслідок організаційних причин, серед яких слід виділити такі: - незадовільна робота, недосконалість або повна відсутність системи управління безпекою праці; - помилки під час навчання безпечним методам роботи; - допуск до роботи без попереднього навчання та перевірки знань з безпеки праці; - відсутність або неякісне проведення інструктажів.

Аналіз статистичних відомостей та відкритих інформаційних джерел дозволяє визначити, що підвищений рівень травматизму та професійних хвороб спостерігається у всіх галузях діяльності працівників у великих промислових центрах [11-16]. Санітарні норми щодо створення безпечного робочого середовища в приміщеннях часто не відповідають розвитку технічних характеристик обладнання, особливостям виробничого процесу тощо. Санітарні норми часто порушуються, що також становить загрозу [17].

Згідно проведеного нами аналізу статистики випадків травматизму та професійних захворювань в Україні значно перевищує рівень у промислових країнах ЄС [18]. Основною причиною цього є невідповідність умов промислового середовища законодавчій та нормативній базі з охорони праці України.

Галузь будівництва та виробництва будівельних матеріалів є однією з п'яти найнебезпечніших в Україні [1]. При цьому якщо в галузях машинобудування та видобутку корисних копалин головною причиною

небезпечних ситуацій є матеріали та технологічні процеси (методи виробництва), що є специфічним елементом виробничого середовища, то недостатня якість умов праці та низька обізнаність працівників є проблемою, притаманною всім галузям, включаючи будівельну.

Таким чином, аналіз робочих умов на постійних місцях роботи та встановлення факторів виробничого середовища й трудового процесу згідно з гігієнічними критеріями є першочерговим завданням для підвищення рівня безпеки та зменшення кількості травм і професійних захворювань.

1.2 Аналіз негативних факторів виробничого середовища

Людина проводить у приміщеннях до 80-90% часу. Із них 40% часу вона знаходить на робочому місці. На нинішній час список реально діючих негативних факторів виробничого, побутового та природного середовищ нараховує більш ніж 100 пунктів. Згідно [19], фактори середовища розділяються на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні. В залежності від характеру негативної дії на організм людини їх прийнято розглядати як шкідливі (рис 1.4). Шкідливими факторами визначаються такі фактори, які негативно впливають на працездатність людей і їх психоемоційний стан та/або викликають професійні або не пов'язані із професією хронічні захворювання або призводять до інших уповільнених негативних наслідків для здоров'я людини.



Рис. 1.4 Фактори умов праці та їх вплив на властивості і якості організму людини стосовно трудової діяльності

Основними факторами, що визначають та характеризують санітарно-гігієнічне середовище, є: режим температури та вологості у приміщеннях, запиленість і загазованість повітря у робочій зоні, освітлення робочих місць, рівень шуму та

вібрації, розміри площини та об'єму виробничих приміщень на одного робітника, рівень санітарно-побутового та культурного обслуговування, рівень ергономічної та наукової організації робочого місця, режим праці та відпочинку, естетичне оформлення цехів і території підприємства. Працездатність та загальне самопочуття робітників прямо залежать від умов середовища і можуть знижуватись при невідповідності оптимальних параметрів шуму (до 20%), вібрації (до 11%), недостатньої освітленості (до 20%), метеорологічних умов (до 15-20%), інтенсивного теплового опромінення та інш. [20-22].

1.2.1 Вплив світлового середовища на умови праці

В ході робочої діяльності та в повсякденному житті людина отримує від 65% до 90% інформації через органи зору [23-25]. Тому створення оптимальних умов праці, які враховують особливості зорового сприйняття та потреби організму в якісному візуальному середовищі, є однією з найважливіших складових безпеки праці [26, 27]. Коли візуальне сприйняття навколишнього середовища не відповідає функціональному стану працівника, це призводить до проблем зі здоров'ям та травматизму [28, 29]. Причиною стають як помилкова оцінка візуального стану робочої системи, так і постійна перевтому органів зору (табл. 1.1.).

Табл. 1.1

Складові зорового сприйняття та симптоми їх порушень

Складова зорового сприйняття	Симптоми при порушенні
Зорова ідентифікація	Складнощі в розрізненні деталей; Плутанина слів або об'єктів.
Візуальна пам'ять	Ускладнене запам'ятовування облич; Уповільнене читання.
Зорово-просторова орієнтація	Плутає право/ліво; Дезорієнтація у просторі, блукання; Складнощі у візуальній організації.
Візуально-послідовна пам'ять	Складнощі в запам'ятовуванні слів та правописі; Затруднене запам'ятовування послідовності виконання завдань; Затруднене запам'ятовування адрес та номерів.
Візуально-образний фон	Затруднення при ідентифікації об'єктів на активному фоні; Візуальне перевантаження при активному візуальному оточенні;
Візуальна спорідненість	Плутаниця між словами/об'єктами; Затруднення у виконанні завдань.
Візуально-моторний зв'язок	Труднощі у написанні слів; Погана координація рухів.

Згідно з даними, оприлюдненими Міжнародним агентством з профілактики сліпоти [30] у 2021 році, приблизно 285 мільйонів осіб у всьому світі мають проблеми із зором, серед яких 39 мільйонів повністю втратили здатність бачити. Близько 90% людей з порушеннями зору проживають у країнах з низьким рівнем економічного розвитку. За оцінками фахівців [31], 82% людей, які втратили зір, належать до вікової категорії 50 років і старше.

За даними спеціалістів з гігієни, невідповідність освітлення на робочому місці фізіологічним і психологічним нормам може спричинити такі наслідки [32-35]:

- збільшення ймовірності отримання травм через помилки у візуальному сприйнятті стану обладнання працівниками, що може призвести до падінь, ударів рухомими деталями механізмів тощо;
- вищий ризик розвитку офтальмологічних захворювань, таких як атрофія зорового нерва, ністагм, короткозорість, мігрень, що особливо загрожує працівникам віком понад 50 років;
- зростання випадків патологій опорно-рухового апарату через неправильну робочу позу, спричинену недостатнім або неправильним освітленням;
- підвищення кількості неврологічних розладів, що може призводити до зниження рухливості та втрати працездатності;
- дестабілізація фізіологічних процесів організму через зростання напруження під час виконання завдань та необхідність постійного підвищеного зосередження.

Недостатнє або нерівномірне освітлення негативно впливає на ефективність роботи, спричиняє втому очей, провокує порушення зору та збільшує ризик виробничого травматизму. Відомості держстату України [36] свідчать, що у 2019-2022 р. травматизм, спричинений падінням, займав одне з перших місць (понад 20%) серед причин виробничого травматизму в Україні (рис. 1.5). Якість освітлення відіграє ключову роль не лише у підтриманні працездатності, а й у запобіганні нещасним випадкам і

надзвичайним ситуаціям на підприємстві [37-38]. Проте під час оновлення виробничих процесів цьому аспекту часто не приділяють належної уваги. Для забезпечення комфортних і безпечних умов праці необхідно суворо дотримуватися нормативних вимог щодо освітлення робочих зон і приміщень.

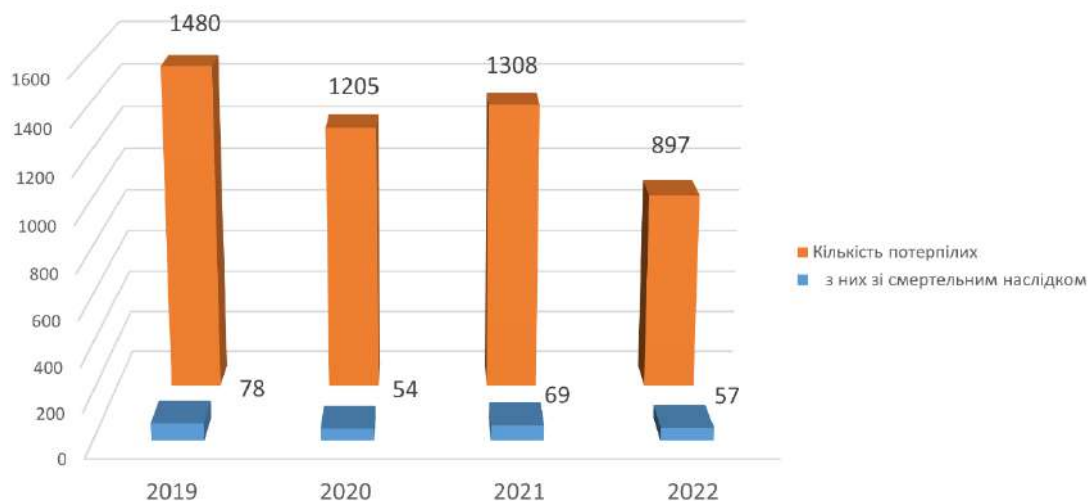


Рис. 1.5. Кількість випадків виробничого травматизму, спричиненому падінням у 2019-2022 рр.

Як зазначено в [16], було виділено низку небезпечних і шкідливих виробничих чинників, пов'язаних з освітленням, які комплексно погіршують умови праці та підвищують ризики для безпеки:

1. відсутність або нестача природного освітлення;
2. недостатня загальна або локальна освітленість робочої зони;
3. надмірна яскравість світлових джерел;
4. знижена контрастність;
5. прямий або відбитий блиск;
6. підвищена пульсація світлового потоку.

Умови праці на кожному робочому місці визначаються впливом виробничого середовища та особливостями трудового процесу [19, 22, 40]. Аналіз змісту роботи працівників показав, що зі зміною технологій та впровадженням автоматизованих систем у різних галузях виробництва зростає кількість фахівців, чия діяльність супроводжується постійними й інтенсивними зоровими навантаженнями [39, 40]. Зокрема, все більше робітників зазнають

зорового напруження, що належить до категорій «висока», «дуже висока» та «найвища».

На робочих об'єктах будь-якого призначення використовуються три види освітлення:

- природне;
- штучне (електричне);
- суміщене (комбінація природного і штучного світла).

Аналіз показав, що сонячне світло за своїми характеристиками та впливом на людину значно переважає штучне освітлення. Його інтенсивність у різних спектральних діапазонах, передача кольору, температура кольору та інші параметри є оптимальними для органів зору та організму людини в цілому [41-45]. Крім того, використання природного освітлення дозволяє економити електроенергію, що є важливим фактором для ведення господарської діяльності [46, 47]. Залежно від розташування отворів для проникнення світла у стінах або стелі, природне освітлення класифікується як бокове, верхнє та змішане. Інтенсивність освітлення залежить від пори року, часу доби, погоди тощо. На кількість природного світла, що проникає в приміщення, також впливають розміри віконних отворів, чистота віконного скла, наявність зовнішніх перешкод (сусідні будівлі, дерева), а також оздоблення внутрішніх поверхонь приміщення.

Особливо слід підкреслити, що **природне освітлення** – це не лише традиційний спосіб економії енергії, але й необхідний фізіологічний чинник для організму, особливо коли людина проводить багато часу у приміщеннях. Відсутність сонячного світла спричиняє пришвидшену втому, зниження швидкості реакцій, спотворене відчуття часу та неточну реакцію на поточні завдання. Дослідження фоточутливих клітин гангліозного шару сітківки [48, 49] свідчать, що як якісний, так і кількісний склад світлового потоку, що досягає ока, має прямий вплив на вироблення мелатоніну – основного регулятора циркадних ритмів організму.

В той же час визначено, що більшість сучасних технологічних процесів проходить при суміщеному або штучному освітленні в приміщеннях, із-за недостатньої кількості природного освітлення під час робочих змін [50]. Усі зазначені вище несприятливі фактори, як правило, також присутні на робочих місцях усередині приміщень. Тому доцільним представляється аналіз умов праці працівників за світловим середовищем у першу чергу саме у приміщеннях.

1.2.2 Нормування та оцінка умов праці з урахуванням світового середовища

Доцільність використання для освітлення робочих місць саме природного освітлення, як такого, що сприятливо діє на функціональний стан людини, доводять дослідження в області гігієни праці [41, 42] та фізіології зору [51-53]. Водночас встановлено, що рівень природного освітлення на робочому місці залежить від багатьох чинників: від географічного розташування підприємства (географічної широти) і рельєфу місцевості до орієнтації будівлі щодо сторін світу та конфігурації й розміру світлових отворів. Крім цього, на освітлення впливають відстань від фасаду будівлі до сусідніх об'єктів, їх кількість поверхів та габарити, а також сезон, погодні умови та час доби. До того ж, кількість і склад природного світлового потоку визначаються архітектурно-планувальними рішеннями будівель, співвідношенням площин рам і скла, хімічним складом склового матеріалу та його ступенем забруднення. Дослідження свідчать, що для створення найкращих умов постійного світлового оточення протягом робочої зміни потрібно створити систему штучного освітлення, здатну ефективно доповнювати природне світло або повністю його замінювати в певні періоди.

Там, де неможливо забезпечити хоча б тимчасове природне освітлення робочого місця, для робітників потрібно влаштовувати зони відпочинку із природним освітленням. Наш аналіз демонструє, що існуюча методика оцінки умов праці за показниками світлового середовища, навіть з урахуванням новітніх систем освітлення на стаціонарних робочих місцях, є недостатньою,

оскільки не включає характеристику функціонального стану людини при високих навантаженнях, як це прописано у нормативних документах [19]. Відповідно до встановлених стандартів, оцінка умов праці проводиться з урахуванням усіх нормованих факторів, а загальна гігієнічна характеристика визначається за показником найвищого рівня шкідливості та небезпечності. На виробничих майданчиках, за умови зменшення часу впливу шкідливих чинників (часовий захист) та застосування ефективних засобів індивідуального захисту, професійний ризик для здоров'я знижується, що дозволяє класифікувати умови праці як менш шкідливі, проте не нижче за ступінь 3.1 класу 3. В умовах інтенсивної роботи особливо важливо враховувати вплив світлового середовища з різними рівнями освітленості та температурою кольору, оскільки вони безпосередньо впливають на вироблення гормонів кортизолу або мелатоніну, які, в свою чергу, визначають психоемоційний стан людини [54]. Органи зору людини являють собою складну систему, яка легко пристосовується до змін освітлення, здатності розрізняти дрібні або віддалені об'єкти, а також дозволяє швидко сприймати та зберігати у пам'яті великі обсяги візуальної інформації. За думкою сучасних дослідників [55, 56], візуальний спосіб засвоєння інформації є найшвидшим та одним із найефективнішим тому, що візуальне сприйняття відбувається за допомогою трьох каналів: через відчуття, сприйняття та уяву. При значній різниці яскравості між робочою зоною та загальним освітленням у приміщенні, око змушене постійно перебудовувати свій зоровий режим, що веде до підвищення зорового навантаження та збільшує ризик розвитку очних захворювань. Крім того, безпосереднє засліплення від джерел світла або надто відбивних поверхонь також негативно впливає на зір. Малий розмір об'єктів, недостатній рівень освітлення, низька контрастність між об'єктами та фоном, а також виникнення оптичних ілюзій можуть заважати їх швидкому і правильному розпізнаванню [57].

Особливістю зорового апарату людини є досить невелика (5 градусів) область гострого бачення. Тому око безперервно «сканує» простір, виявляючи

основні, «реперні» точки зображення (рис. 1.6). Згідно з теорією автоматії саккад [58, 59], руховому апарату ока властиво виконувати ці швидкі рухи мимоволі в певному ритмі, коли людина не спить – неважливо, присутні при цьому об'єкти для спостереження у полі зору, – а також під час парадоксальної фази сну.

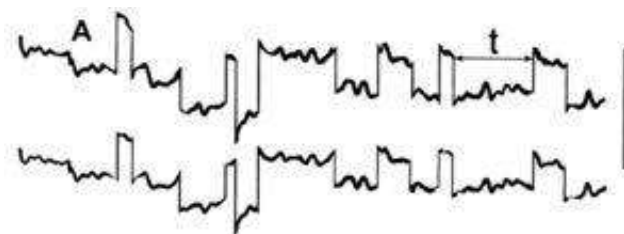


Рис.1.6 Типовий запис горизонтального руху ока при фіксації піддослідним (праве око) нерухомої точки. Вертикальна лінія — калібровка 1 кут.град., горизонтальна — час 1 с, t — інтервал між саккадами, A — амплітуда саккади

Згідно з ДБН В.2.5.-28-2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» [60] зорові роботи підрозділяються за класами у відповідності з найменшим розміром об'єкта, який потрібно розрізнити робітнику. При цьому об'єкти, які сприймаються, враховуються як:

- 1) статичні;
- 2) ті, що не мерехтять.

Було зафіксовано, що здатність сприйняття об'єктів на екранах електронних пристроїв, а також специфічні особливості підвищеного навантаження на акомодативну систему ока під час перегляду як рухомих зображень на моніторі, так і нерухомих, залишаються без належної уваги. Крім того, на території України стандарти ISO серії 9241 «Ергономіка взаємодії людини з машиною» [61], які враховують санітарно-гігієнічні вимоги до візуальних параметрів екранів і умов освітлення робочих зон, досі не застосовуються. Водночас рекомендації, прописані у ДСТУ EN 12464-1:2016 «Освітлення та світло» [62], також не впроваджені. Вимоги «Освітлення робочих зон. Частина 1. Внутрішні робочі простори» (EN 12464-1:2011, IDT) визначають стандарти зорової ефективності для середньостатистичних працівників. Ці стандарти застосовуються для встановлення оптимального

рівня освітлення, беручи до уваги характеристики зорових завдань та офтальмологічні можливості людини. Різниця в яскравості між об'єктом, що розглядається, та умовним «фоном» визначає категорію складності зорової роботи. При цьому, обчислення коефіцієнта відбиття тла базується на середньому арифметичному значенні коефіцієнтів відбиття всіх поверхонь, що знаходяться в полі зору.

В той же час, зарубіжні нормативи і рекомендації щодо світлового середовища у робочих приміщеннях [48, 63-71] значно розширюють уявлення про світлове середовище та критерії його комфорту для людини. Зокрема в [70, 71] сформульовані основні критерії енергоефективності та якості освітлення. Мірою енергоефективності є числовий показник (кВт.год/м² на рік) кількість електроенергії, що витрачається на освітлення протягом року будівлі відповідно до специфікації на цю будівлю. Цей показник позначається LENI (Lighting Energy Numeric Indicator). Надалі цей показник порівнюється з максимальним еталонним значенням освітленості (лк), необхідної в кімнаті. Мірою якості освітлення є показник ергономічності освітлення ELI (Ergonomic Lighting Indicator). В ньому використовується п'ять основних суб'єктивних та об'єктивних критеріїв якості освітлення, що оцінюються за шкалою від 1 до 5 (табл. 1.2):

Таблиця 1.2

Критерії, за якими характеризується показник ергономічності освітлення, та їх характеристика

Позначення та назва критеріїв якості освітлення	Характеристика критеріїв якості освітлення
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

ДБН В.2.5.-28-2018 визначає, що: «...При зменшенні (збільшенні) контрасту допускається зменшення (збільшення) освітленості за шкалою освітленості». Британський стандарт BS 8493:2008+A1:2010 «Показник світловідбиття поверхні. Методика визначення» [71] встановлює процедуру розрахунку показника світловідбиття поверхні (Light reflectance value (LRV)), оздобленої тим чи іншим матеріалом (рис. 1.7).

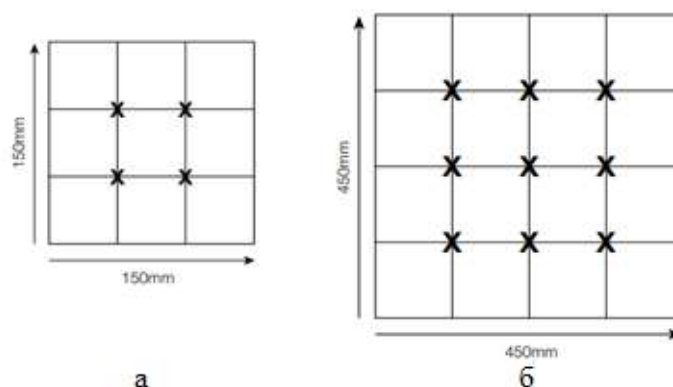


Рис. 1.7 Сітка тестування характеристики LRV а) сітка для тестування поверхонь без регулярних паттернів або з рельєфною поверхнею б) сітка для тестування поверхонь підлоги та покриттів

Завдяки маркуванню виробником характеристик LRV стає можливим розрахувати контрастність елементів у приміщення на стадії проєктування і підбора необхідних матеріалів (рис. 1.8).

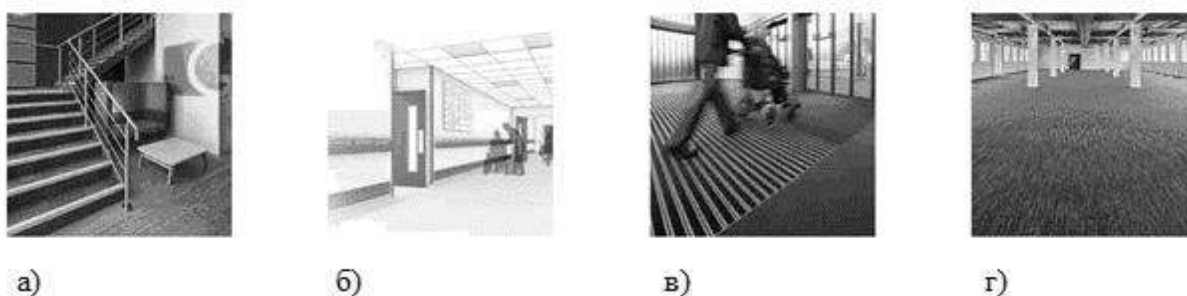


Рис. 1.8 Елементи (за [72]) з співвідношенням LRV більше 30%: а) оздоблення країв сходин б) захисне оздоблення стін та кутів в) захисні засоби вхідних груп всередині і ззовні приміщення г) коврові покриття

1.3 Вплив джерел світлового середовища на безпеку працівників

Світло займає одне з найважливіших місць серед зовнішніх факторів, що впливають на людину під час роботи. Дослідження свідчать, що приблизно 80%

інформації про навколишній світ надходить саме через зір, тому умови освітлення значно впливають на якість сприйняття [48-50, 73]. Освітлення робочих приміщень оцінюється як за числовими, так і за якісними параметрами. До першої групи належать такі показники, як світловий потік, інтенсивність світла, температура кольору, яскравість та рівень освітленості. До групи якісних характеристик входять властивості фону, ступінь контрастності між об'єктом та його фоном, а також загальна видимість об'єктів.

Недостатня або надмірна інтенсивність світла, нерівномірне розсіювання світлових потоків у полі зору, мерехтіння та зміни колірної палітри освітлюваних предметів викликають зорове перенапруження та загальну втому організму. Занадто яскраве джерело світла може спровокувати головний біль, подразнення зорових органів та зниження чіткості зору, тоді як відблиски світла – тимчасову втрату зору. Забруднені віконні отвори та освітлювальні прилади знижують рівень освітленості, а лампи з надмірним сліпучим блиском або утворенням різких тіней можуть призвести до дезорієнтації працівника. Усі ці фактори потенційно збільшують ризик травматизму та сприяють розвитку професійно зумовлених хвороб. Отже, забезпечення оптимальних умов освітлення на виробничих ділянках є одним із ключових заходів у сфері санітарно-гігієнічних вимог до виробництва та безпеки технологічних процесів [74-76].

Для забезпечення комфортних умов для зорової діяльності, що дозволяють уникнути швидкого втомлення очей, запобігти професійним захворюванням і нещасним випадкам, а також сприяють зростанню ефективності праці та підвищенню якості продукції, освітлення на виробничих майданчиках має відповідати таким критеріям:

- забезпечення робочої зони рівнем освітленості, який відповідає специфіці виконуваної зорової роботи та не опускається нижче встановлених стандартів.
- відсутність сліпучого ефекту як від безпосередніх джерел світла, так і від інших об'єктів, що знаходяться у полі зору.

- гарантування стабільного та рівномірного розподілу освітлення в приміщеннях для мінімізації потреби постійної адаптації зорової системи.
- уникнення різких, виражених тіней на робочій поверхні, зокрема тих, що утворюються від рухомих елементів.
- забезпечення достатнього контрасту освітлених поверхонь для чіткого розрізнення дрібних деталей.
- надійність і простота освітлювальної установки в експлуатації, її економічність та естетичність.

Штучне освітлення поділяють на два основних типи – загальне та комбіноване. Загальне освітлення забезпечується шляхом розміщення світильників у верхній частині приміщення (на відстані не менше 2,5 м від підлоги), що дозволяє досягти рівномірного розподілу світла – як у випадку стандартного загального освітлення, так і з урахуванням розташування робочих місць (локалізоване загальне освітлення). Комбіноване освітлення є сумішшю загального та місцевого освітлення і зазвичай застосовується при виконанні завдань, що потребують високої точності, або коли важливо створити певний чи змінний напрямок світлового потоку протягом роботи. Місцеве освітлення реалізується за допомогою спеціальних світильників, які концентрують світло безпосередньо на робочих зонах. Проте, використання лише місцевого освітлення є недопустимим, адже воно підвищує ризик виробничих травм та розвитку професійно зумовлених хвороб.

Для локального освітлення робочих зон слід використовувати освітлювальні прилади з непрозорими відбивачами. Необхідно розташувати освітлювальні прилади таким чином, щоб їхні джерела світла не потрапляли в поле зору працівників, які перебувають як на освітлюваній робочій зоні, так і на інших робочих місцях. Усі виробничі та побутові приміщення, де природного освітлення недостатньо, а також об'єкти, що використовуються у темний період доби, повинні бути обладнані штучним освітленням. При його організації потрібно забезпечити оптимальні гігієнічні умови для зорової діяльності, враховуючи при цьому економічну доцільність. Рівень освітленості робочих

поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюється згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [60] і визначається переважно за специфікою зорової роботи. Ці норми мають універсальний, міжгалузевий характер і слугують основою для розробки галузевих стандартів. За стандартом ДБН В.2.5-28:2018 існує вісім категорій зорової роботи, з яких перші сім характеризуються за розмірами об'єктів, що розрізняються. Найвищий рівень освітленості, що нормується, становить 5000 лк (розряд Ia для робіт найвищої точності), тоді як мінімальний рівень – 400 лк (розряд Va для завдань з меншою точністю).

Згідно з нормами ДБН В. 2.5-28:2018, для штучного освітлення приміщень рекомендується використовувати джерела світла розрядного типу, віддаючи перевагу тим, які забезпечують найвищу світловіддачу та довговічність за однакової потужності. Лампи розжарювання дозволяється застосовувати для загального освітлення тільки в разі, якщо використання газорозрядних ламп є неможливим або економічно недоцільним. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях заборонено. Що стосується локального освітлення, тут допускається використання як газорозрядних ламп, так і ламп розжарювання, зокрема галогенних.

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

При виборі джерел штучного освітлення враховуються параметри, серед яких ключовими є сила світла, якість передачі кольору та розподіл яскравості. Кожен з цих параметрів має конкретні числові значення. Наприклад, у ДБН В. 2.5-28:2018 регламентуються такі показники, як показник осліпленості P , коефіцієнт пульсації K_p , %, індекс кольоропередачі R_a . Також потрібно враховувати спектральну інтенсивність того чи іншого джерела випромінювання і його відмінність від сонячного світла (рис. 1.9).

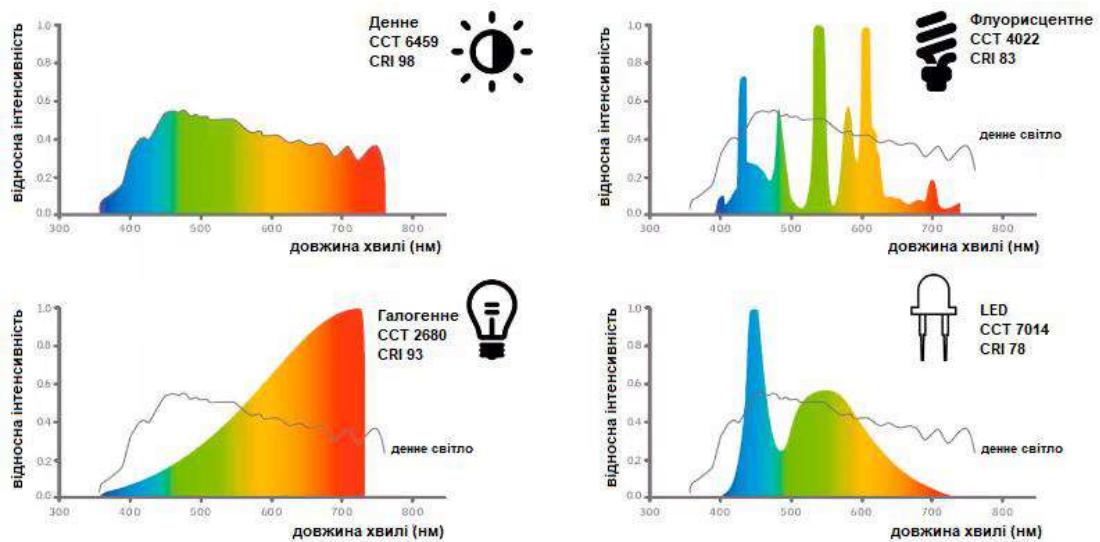


Рис. 1.9 Відносна інтенсивність випромінення різних типів джерел освітлення в залежності від довжини хвилі

Для штучного освітлення виробничих приміщень використовуються наступні види електричних джерел освітлення:

- **Лампи розжарювання** – це теплові джерела світла, принцип роботи яких полягає в нагріванні нитки розжарювання (зазвичай вольфрамового дроту) до високої температури під дією електричного струму. Внаслідок цього нитка випромінює потік променистої енергії, який ми сприймаємо як світло.

Серед переваг цих ламп можна виділити: нескладну структуру та технологію виробництва, прийнятну вартість, зручність у використанні, можливість роботи в широкому діапазоні напруг і потужностей, а також спектр випромінювання, що включає видиме та інфрачервоне світло, який за своїми характеристиками близький до природного.

До недоліків можна віднести надмірну яскравість, що може засліплювати; неефективне використання електроенергії (7-20 лм/Вт); відносно нетривалий період експлуатації (до 2,5 тис. год); спектр випромінювання з переважанням жовто-червоних відтінків, що відрізняється від природного світла; чутливість до вібрації та ударів; висока температура нагрівання (140 °C і вище), що є причиною пожежної небезпеки.

Найчастіше лампи розжарювання застосовують для локального освітлення, а також приміщень з короточасним перебуванням людей. На нинішній час чинними документами країн ЄС та України їх використання обмежується [77, 78].

- **Галогенні лампи** за своєю будовою та принципом функціонування нагадують звичайні лампи розжарювання. Однак їхньою особливістю є наявність у газі-наповнювачі невеликої кількості галогенів (таких як бром, хлор, фтор, йод) чи їхніх сполук. Завдяки цим добавкам вдається запобігти затемненню колби, яке виникає через випаровування атомів вольфраму, що, своєю чергою, сприяє збереженню світлового потоку. Сповільнення випаровування вольфраму дозволяє сильніше нагрівати нитку, наближаючи спектр її випромінювання до природного сонячного світла.

Порівняно з лампами розжарювання, галогенні лампи мають низку суттєвих переваг:

1. ефективне використання електроенергії для досягнення максимальної яскравості;
2. мають у декілька разів більший строк служби (у 2-4 рази вище, ніж у ламп розжарювання);
3. забезпечення інтенсивнішого та яскравішого білого світла;
4. краща якість кольоропередачі освітлюваних предметів;
5. широкий асортимент доступних моделей;
6. можливість точнішого управління напрямком світлового потоку;
7. висока стійкість до різких змін температури та перепадів атмосферного тиску, а також міцність конструкції.

Галогенні лампи, попри свої переваги, мають низку суттєвих недоліків, які обмежують їх використання в певних ситуаціях:

1. Висока температура нагрівання колб (до 500°C) може призводити до локального перегріву, що в окремих випадках спричиняє руйнування колби та вибух лампи.

2. Чутливість до коливань напруги в мережі живлення може призводити до швидкого виходу з ладу. Для їх захисту рекомендується використовувати стабілізатор напруги.

3. Надлишок ультрафіолетового випромінювання у спектрі світла є потенційно шкідливим для здоров'я [76], тому їх слід застосовувати виключно зі спеціальними фільтрами.

- **Розрядні лампи**, до яких належать люмінесцентні, ртутні та дугові високого тиску (наприклад, типу ДРЛ), створюють світло завдяки електричному розряду в середовищі інертних газів та парів металів, а також через явище люмінесценції. Найпоширенішим видом таких ламп є ртутна люмінесцентна лампа, яка складається зі скляної трубки, заповненої парами ртуті, з шаром люмінофора на внутрішній поверхні. У виробничих приміщеннях широко використовуються трубчасті люмінесцентні лампи різних типів: білого (ЛБ), теплого білого (ЛТБ), холодного білого (ЛХБ), денного (ЛД) та з покращеною передачею кольорів (ЛДЦ).

Розрядні лампи відрізняються низкою переваг, порівняно з лампами розжарювання та галогенними лампами:

1. Випромінюють світло, близьке до природного;
2. Відзначаються тривалим терміном експлуатації (від 5 до 20 тисяч годин) із високою ефективністю світловіддачі (30–80 лм/Вт).
3. Характеризуються низьким рівнем нагріву зовнішньої поверхні колби.
4. Економно споживають електроенергію (люмінесцентна трубчаста лампа потужністю 23 Вт або компактна люмінесцентна лампа на 10 Вт здатна замінити лампу розжарювання потужністю 100 Вт).

Люмінесцентні лампи мають ряд недоліків, які слід враховувати:

1. Складнощі при ввімкненні, а також втрати енергії у пусковому баласті, що можуть досягати 20–30%.
2. Світлові характеристики ламп змінюються залежно від температури навколишнього середовища.

3. Перед завершенням терміну експлуатації значно знижується світловий потік.

4. Світловий потік може пульсувати при живленні лампи змінним струмом.

5. Усі люмінесцентні лампи містять ртуть у кількості від 40 до 70 мг. Ртуть є небезпечною для здоров'я у разі пошкодження лампи, а її пари здатні накопичуватись в організмі людини, завдаючи шкоди при тривалому впливі.

Попри це, саме розрядні лампи в сучасній Україні залишаються найбільш поширеним варіантом для забезпечення штучного освітлення [77].

- **Світлодіод** (LED, або light emitting diode) являє собою напівпровідниковий елемент, здатний перетворювати електричний струм на світлове випромінювання. Світло, яке випромінюється світлодіодом, має вузький спектральний діапазон, а його кольорові характеристики визначаються хімічним складом напівпровідникового матеріалу, використаного в пристрої.

Використання світлодіодних ламп є перспективним кроком у напрямі енергозбереження [78]. В Україні була затверджена Державна цільова науково-технічна програма “Розробка та впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла й освітлювальних систем на їх основі” (на нинішній момент призупинена) [79]. Світлодіодні лампи енергоощадного типу можна використовувати як для зовнішнього, так і для внутрішнього освітлення. Вони поєднують традиційні конструктивні рішення (цоколі E-27, E-14, MR-16, GU-10), високу точність передачі кольору, насиченість, а також надійність.

Світлодіоди мають численні переваги у порівнянні з іншими джерелами електричного освітлення:

1. Високий ККД.

2. Надійна механічна стійкість та вібростійкість завдяки відсутності спіралі й інших вразливих компонентів.

3. Довгий термін експлуатації, що може сягати до 100 тисяч годин, перевищуючи тривалість роботи ламп розжарювання у 100 разів і люмінесцентних ламп у 5–10 разів.

4. Спектральні характеристики сучасних люмінофорних діодів відповідають параметрам люмінесцентних ламп.

5. Яскравість світлодіодів визначається світловим потоком, осьовою силою світла та діаграмою направленості. Конструктивні варіанти дозволяють створювати пристрої з тілесним кутом випромінювання від 4 до 140 градусів.

6. Малий кут випромінювання, який у різних ситуаціях може розглядатися як перевага або недолік.

7. Висока безпечність завдяки низькій потребі в напрузі. Світлодіоди працюють на постійній напрузі 2-4 В за струму в кілька сотень мА, а у модульних системах сукупна напруга може становити 12 або 24 В.

8. Стійкість до впливу низьких і дуже низьких температур, хоча високі температури, як і для всіх напівпровідників, є небажаними.

9. Відсутність токсичних складових, таких як ртуть, що значно спрощує процес утилізації.

Однією з основних проблем світлодіодних освітлювальних пристроїв є процес «старіння» кристалу, що виникає під час тривалої експлуатації в умовах недостатнього охолодження. Це призводить до поступового зменшення яскравості світлодіода. Чим більший струм проходить через пристрій протягом його роботи, тим вище його температура, що пришвидшує зношення. У результаті потужні світлодіоди мають коротший термін служби (20–50 тисяч годин) порівняно з малопотужними. Крім зменшення яскравості, процес старіння супроводжується зміною кольорової температури. Довговічність світлодіодних ламп залежить від таких чинників, як характеристики джерела живлення, робочий температурний діапазон, ефективність тепловідведення та стабільність електромережі.

До недоліків сучасних світлодіодних джерел освітлення також можна віднести відсутність випромінювання в ультрафіолетовому та інфрачервоному спектрі, які притаманні природньому освітленні, висока інтенсивність у блакитній області спектра [80-81].

На нинішній час найбільш енергоефективними по співвідношенню ефективності світлового потоку (досягнення необхідного рівня освітлення за мінімального споживання електроенергії) є саме світлодіодні та люмінесцентні джерела освітлення [83] (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Значення ефективності штучних джерел світла

Загальні характеристики	Типове значення ефективності світлового потоку, лм/Вт
Лампи розжарювання	10-18
Галогенні лампи	15-20
Компактні люмінесцентні лампи (разом із баластом)	35-60
Лінійні люмінесцентні лампи (разом із баластом)	50-100
Метало-галогенні (разом із баластом)	50-90
Світлодіоди, CCT>4000 К (разом із драйвером)	60-92*
*Розбіжність у показниках пов'язана із типом лампи і типом стартерів та баластів, які в них використовуються.	

Як свідчать дослідження [84, 85, 86], більш надійними і безпечними, як для здоров'я людини по експлуатаційним характеристикам (спектр випромінювання, мерехтіння, колірна передача), так і для навколишнього середовища при утилізації є світлодіодні лампи (табл. 1.4). Світлодіодні лампи не потребують складної пускорегулюючої апаратури і мають більший (від 10 разів), ніж люмінесцентні лампи, строк експлуатації.

Таблиця 1.4

Порівняльна характеристика світлодіодних ламп денного світла і люмінесцентних ламп

Параметри	Світлодіодна лампа	Люмінесцентна лампа
Шкідливі випромінювання, наявність токсичних речовин	відповідає вимогам ROHS [86]	УФ-випромінювання, люмінофорні наплення, Hg, Pb
Механічна стійкість	висока (оптичний полікарбонат і алюміній)	низька (скло)
Пульсація	відсутня	залежить від типу ПРА

Продовження табл. 1.4

Втрата світлового потоку внаслідок поглинання і повторного відбивання матеріалом рефлектора	немає	присутня
Чутливість до електромагнітних полів	нечутливі	чутливі
Вимоги до спеціальної утилізації	немає	тільки спец. утилізація
Використання за низьких температур навколишнього середовища	можливе	утруднене
Необхідність баласту/стартера	не потрібний	необхідний
Експлуатаційні витрати	низькі	високі

Водночас, відсутність систематичного підходу до оцінювання характеристик освітлення робочого простору та досліджень, що комплексно аналізують світлове середовище, унеможлиблює визначення ефективності використання різних типів освітлення на робочих місцях з точки зору санітарно-гігієнічної безпеки при виконанні зорових робіт.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз травматизму та професійно зумовлених захворювань як в Україні, так і в світі виявив тенденцію, згідно з якою протягом останніх років серед причин нещасних випадків домінують організаційні фактори (60-70%, а в деяких регіонах навіть понад 80%), психофізіологічні причини (24,3-32,4%) та технічні причини (3,45%).

2. З'ясовано, що внаслідок активного впровадження автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів в Україні та світі протягом останніх років зросла кількість набутих хвороб, пов'язаних з виконанням робіт, що вимагають високої точності та значного навантаження на органи зору.

3. Визначено, що в Україні проводиться незадовільна кількість досліджень в напрямку оцінки якостей світлового середовища на робочих місцях, з урахуванням виду робіт за зоровим критерієм.

4. На основі проведеного аналізу встановлено, що нормативна база України не дозволяє проводити комплексну оцінку якостей світлового

середовища на робочих місцях і оцінити його вплив на здоров'я і працездатність робітників, що проводять зорові роботи високої складності. Обґрунтовано необхідність та доцільність оцінки світлового середовища у виробничих приміщеннях з урахуванням зорової складності робіт та подальшим визначенням критеріїв оцінки.

5. За результатами проведеного аналізу, встановлено, що при модернізації виробничих потужностей будівельної галузі в проєктній документації основна увага зосереджується на зменшенні шкідливого впливу різноманітних виробничих чинників (шум, вібрація, інфразвук, ультразвук, випромінювання тощо). Однак, на постійних робочих місцях не здійснюється всебічна оцінка світлового середовища з урахуванням оптимізації систем освітлення за критеріями світлотехніки.

6. З метою забезпечення безпечних і здорових умов праці, підтримки працездатності та функціональних можливостей працівників, а також запобігання небезпечним випадкам і професійним захворюванням, під час оцінювання ризиків необхідно враховувати вплив візуального (світло-колірного) середовища, внутрішнього оздоблення приміщень і категорію точності зорових робіт, що виконуються.

7. Дослідження показують, що світлове середовище відіграє ключову роль для безпечної та ефективної праці багатьох фахівців будівельної сфери та інших галузей, чия діяльність пов'язана із завданнями, що потребують високої точності зору. Недостатнє або невідповідне освітлення робочого простору може спричиняти швидку втомлюваність, зменшення ефективності роботи, а також стати джерелом травм і появи професійних захворювань.

8. За результатами аналізу досліджень у галузі гігієни та психології праці було з'ясовано, що такі фактори, як тип джерела світла, температурний спектр, рівень освітлення, а також візуальні властивості інтер'єру приміщення, впливають на рівень безпеки, працездатності та фізіологічний стан людини.

9. Для аналізу умов праці з огляду на параметри світоколірного середовища необхідно розробити систематизований підхід до визначення

методик оцінки напруженості трудової діяльності. Цей підхід повинен враховувати сучасні технології освітлення та методи покращення візуальної ергономіки робочих просторів.

10. Покращення умов праці на робочих місцях, спрямоване на зменшення втомлюваності, зниження рівня травматизму та запобігання професійним захворюванням органів зору й опорно-рухового апарату, можна досягти шляхом збільшення використання природного освітлення у виробничих приміщеннях. Крім того, впровадження сучасних систем штучного освітлення з колірною температурою, близькою до природного денного світла, разом із оптимізацією візуальних характеристик інтер'єру робочих зон, сприятиме підвищенню рівня безпеки й комфорту на виробництві.

Список використаних джерел у розділі 1

У розділі 1 використані [1...86] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ ТА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ ТОЧНОСТІ

2.1 Аналіз національних та міжнародних вимог при проєктуванні світлового середовища

На сьогоднішній день серед ряду факторів, дію яких потрібно враховувати при атестації робочих місць та при проєктуванні, будівництві нових об'єктів, розробці нових технологічних процесів, дослідження якості світлового середовища займає особливе місце.

Проведений нами аналіз нормативних документів України, що регламентують стан візуального середовища на постійних робочих місцях [60, 62], статистики виробничого травматизму та набутих хвороб в Україні [2, 3], та аналіз сучасних вітчизняних та закордонних досліджень показує, що до нинішнього часу при оцінці умов праці не враховується в повній мірі вплив світлового середовища на виконання робіт з високим візуальним навантаженням. Так, вплив світлового оточення на людський організм розкривається у сучасному нормуванні умов праці лише в дуже вузькому напрямку. У розглянутих дослідженнях увага акцентувалась на освітленості робочої поверхні [87], яскравості [88], інтенсивності, пульсації [89], блискості [90] освітлення. Однак відомий є факт, що оптичне випромінювання забезпечує не тільки зоровий процес, але й регулює функціонування багатьох систем людського організму. Цей факт протягом багатьох десятиліть досліджувався з різних точок зору [91-94].

Однак дотепер, при проєктуванні освітлення робочих приміщень цьому не приділяється достатньо уваги. У наукових працях, присвячених гігієні освітлення робочих місць, із усього спектра фізіологічного впливу освітлення на організм людини виділявся лише процес синхронізації циркадних ритмів [95].

Як показує аналіз, у світовій практиці та в Україні, враховуючи рівень автоматизації виробництв, комп'ютеризації робочих процесів, що невинно підвищується, все більшу долю займають роботи, які вимагають підвищеної якості візуального середовища. До групи підвищеного ризику за критерієм дії небезпечних факторів зорового середовища відносяться працівники, робота яких характеризується високою зоровою складністю (розряди А, Б, І-ІІ за ДБН В.2.5-28:2018).

В той же час аналіз показав, що при будівництві нових та переобладнанні існуючих об'єктів промислового, громадсько-адміністративного, житлового та іншого призначення проєктувальники не приділяють достатньо уваги освітленню робочих місць, на який проводяться роботи високої зорової складності. При проведенні досліджень умов праці на підприємствах України, згідно з [60, 96], нами були визначені працівники із спорідненими умовами праці за критерієм характеристики зорової роботи (високої складності). До таких працівників відносяться: архітектори, викладачі вищих навчальних закладів, інженери, керівники, менеджери, технічні службовці, художники, реставратори, ювеліри, археологи, оператори електронно-обчислювальних та обчислювальних машин, програмісти, спеціалісти з кібернетики, оператори диспетчерської служби, робітники з обслуговування, експлуатації та контролю за роботою технологічного процесу устаткування, оператори дистанційно керованих апаратів, оператори служби «102», вимірювальники електрофізичних параметрів, лаборанти, що проводять візуальний аналіз зразків та показників приладів, інші професіонали, і фахівці різних галузей виробництва, переробки, транспортування на обслуговування тощо.

Визначено професії працівників, що виконують роботи з застосуванням сучасних приладів контролю та керування, вдосконалених електронно-обчислювальною технікою, що, для безпечного застосування, потребує високих вимог до якості освітлення робочих місць та робочого середовища. Професії вказаних працівників за класифікатором ДК 003:2010 та розряд зорової роботи за ДБН В.2.5-28:2018 представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Аналіз умов праці споріднених професій працівників

№ п/п	Професії працівників за класифікатором ДК 003:2010	Складність зорової роботи (розряд) за ДБН В.2.5-28:2018
1	Макетник художніх макетів, Оператор комп'ютерної верстки, Головний дизайнер, Біохімік, Виробник штампів, Головний дизайнер (художник-конструктор) проєкту, Мікробіолог, Реставратор архівних та бібліотечних матеріалів, Реставратор тканин, гобеленів та килимів, Ювелір-гравер, Гравер, Пробіст	А-1 (І)
2	Архітектор, Археолог, Аудитор інформаційних технологій (з кібербезпеки), Викладач закладу вищої освіти, Адміністратор системи Адміністратор мереж і систем, Ботанік, Вихователь-методист, Оператор електронно-обчислювальних та обчислювальних машин,	А-2 (ІІ)
3	Головний програміст, Оператор диспетчерської служби, Програміст системний, Професіонал з експлуатації електричних станцій, енергетичних установок та мереж, Професіонал з економічної кібернетики, Аналітик (банківська діяльність), Вірусолог, Переписувач нот, Різьбяр,	Б-1(ІІІ)
4	Верстатник спеціальних деревообробних верстатів, Вимірювач електрофізичних параметрів, Вишивальник на шкірі та хутрі, Автоматник в'язальних автоматів, Бібліотекар, Гідрохімік, Менеджер (управитель) систем з інформаційної безпеки, Оператор дистанційно керованих апаратів, Оператор копіювальних та розмножувальних машин, Оператор служби «102», Офісний службовець, Перекладач, Підбирач довідкового та інформаційного матеріалу, Друкар, Конторський (офісний) службовець, Бухгалтер, Касир.	Б-2 (ІІІ)

На основі проведеного нами дослідження нами було виділено широкую категорію робітників різних галузей підприємств України, діяльність яких є спорідненою, що визначалось на основі дослідження змісту роботи працівників та категорією зорової точності, потрібної для виконання цієї роботи. Даній

категорії працівників, що під час виробництва матеріальних, нематеріальних продуктів та засобів виробництва, контролю якості, транспортування, зберігання та перерозподілу продуктів та засобів виробництва, виконують роботи високої, дуже високої та найвищої точності. Даній категорії працівників в подальших дослідженнях нами було дано назву «проектувальники та конструктори».

Визначено, що згідно з класифікатором професій України та ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» зорова точність робіт визначається в залежності від розміру об'єкта розрізнення (табл. 2.2), що знаходиться від робітника на відстані 0.5 м. Якщо відстань до об'єкта розрізнення перевищує еталонну, то характеристика зорової роботи визначається за кутовим розміром, який обчислюється α/l , де α – розмір мінімального об'єкта розрізнення, а l – відстань до очей працюючого.

Таблиця 2.2

Обчислення характеристики зорової роботи відповідно до кутового розміру об'єкта, що розрізняється, за ДБН В.2.5-28:2018

Розряд зорової роботи	Межа відношення α/l
I (A1)	Менше $0,3 \cdot 10^{-3}$
II (A2)	Від $0,3 \cdot 10^{-3}$ до $0,6 \cdot 10^{-3}$
III (B1, B2)	Понад $0,6 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-3}$

В той же час згідно ДБН В.2.5-28:2018 якщо відстань від ока до об'єкта більше 500 мм., еквівалентний розмір визначається за номограмою, обчисленою емпірично (рис. 2.1).

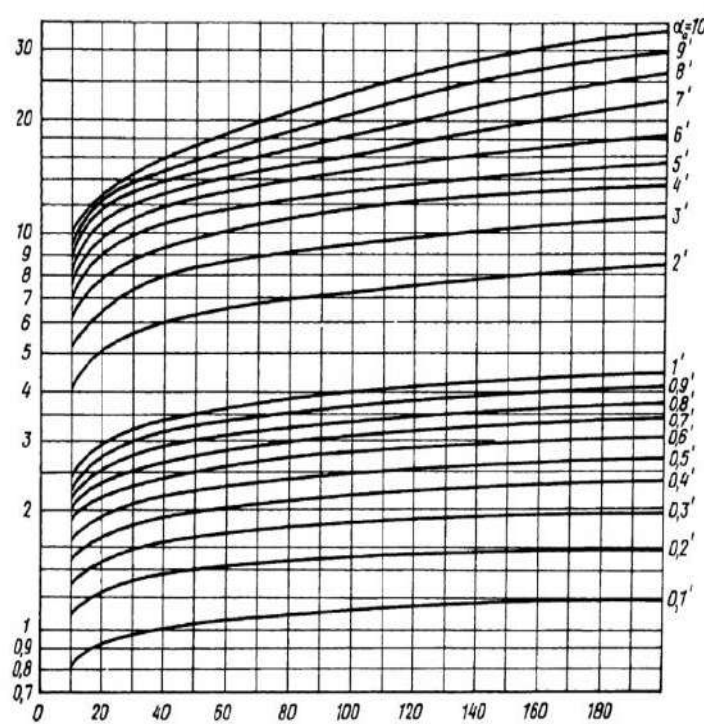


Рис. 2.1 Номограма для визначення еквівалентного розміру протяжних об'єктів при відстані від ока до об'єкта понад 500 м.

Перетворення одержаного за номограмою еквівалентного розміру із кутових розмірів (кутових хвили) в лінійні (міліметри) здійснюється за формулою 2.1:

$$x = l \times \text{tg}(\alpha/60), \quad (2.1)$$

де x – розмір об'єкта, мм;

l – відстань від очей до об'єкта, мм.

Як недолік такого підходу оцінки світлового середовища, треба вказати, що при оцінці складності зорової роботи ні кількість об'єктів розрізнення, ні їх одноманітність у полі зору не враховуються.

У настановах з визначення гігієнічних характеристик зорового середовища [19, 60, 97, 98] вказується, що при однаковому ступеню точності складність зорових робіт визначається за показниками її тривалості, ступеня вирішення зорового завдання (виявлення або розрізнення), кількістю об'єктів розрізнення в полі зору, необхідністю їхнього пошуку, обмеженням часу виявлення, а також віком працюючих. Однак методика такої оцінки в Україні не розроблена.

Не зважаючи на те, що основою визначення зорової характеристики зорової роботи є розмір об'єкта розрізнення на еталонній відстані, а якість візуального середовища як для промислових, так і для цивільних будівель регламентується за однаковими показниками (КПО, освітленість, коефіцієнт дискомфорту, що розраховується в залежності від показників засліпленості та пульсації) (див. табл. 5.1 та табл. 5.2 у [60]), згідно з ДБН В.2.5-28:2018 вимоги до якості світового середовища розподілені за категоріями приміщень («робочі підприємства», та «приміщення житлових, цивільних, та адміністративно-побутових споруд»). При цьому тривалість виконання зорової роботи високої точності або не вказана, а тому може бути врахована як час перебування на постійному робочому місці (50% робочого часу або понад 2 год. безперервно), або враховується у процентах робочого часу без урахування напруженості праці.

Також у ДБН В.2.5-28:2018 не враховуються особливості зорової точності робіт з приладами, що мають електронні дисплеї (моніторами, проєкторами, інтерактивними дошками тощо), що не дозволяє реально оцінити стан візуального середовища для роботи цілого ряду професій.

Проведений порівняльний аналіз [60, 99-101] показує, що ДБН В.2.5-28:2018 не регламентує гігієнічні вимоги щодо оптимального природнього, штучного та суміщеного освітлення в залежності від призначення приміщень, умовно розділяючи їх на «промислові» та «житлові, цивільні, та адміністративно-побутові споруди». При цьому, для цих двох категорій при виконанні робіт однакової зорової складності (табл. 2.3) встановлюються різні значення рівня освітленості, КПО та методи оцінки якості світлового середовища, що не дозволяє в повній мірі враховувати значення світлового середовища з урахуванням призначення будівель та приміщень для роботи проєктувальників та конструкторів.

Розподіл вимог до якості світлового середовища в залежності від категорії приміщення при сучасних умовах виробництва, де у одній будівлі можуть проводитись різні види робіт, регулярно змінюються засоби

виробництва, призначення приміщень, а також виробництво в цілому може змінювати своє місце розміщення має як переваги так і недоліки.

Табл. 2.3

Порівняльна характеристика вимог до рівня освітлення, мінімального та середнього КПО для зорових робіт високої точності за ДБН В.2.5-28:2018 та ДБН В.2.5-28:2006

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи за ДБН В.2.5-28:2018		Підряд зорової роботи	Штучне освітлення, освітленість, лк за ДБН В.2.5-28:2018		Штучне освітлення, освітленість, лк за ДБН В.2.5-28:2006		КПО Дн%, бокове суміщене освітлення, середнє та мінімальне, за ДБН В.2.5-28:2018		КПО Дн%, бокове суміщене освітлення, середнє та мінімальне, за ДБН В.2.5-28:2006
				При системі комбінованого освітлення, всього	При загальній системі освітлення,	При системі комбінованого освітлення, всього	При загальній системі освітлення,	для промислових приміщень	для адмін., житл. приміщень, цивільних споруд	для адміністративних, житлових приміщень, цивільних споруд
Найвищої точності	I	A	a	5000-4500	-	600-400	500	6.0 2.0	4-3.5 1.5-1.2	4.0 2.5
			б	4000-3500	1200 - 1000	600-400	500			
			в	2500-2000	750-600	600-400	500			
			г	1500-1250	400-300	600-400	500			
Дуже високої точності	II	A	a	4000-3500	-	500-300	400	4.2 1.5	3.0 1.0	3.0 1.2
			б	3000-2500	750-600	500-300	400			
			в	2000-1500	500-400	500-300	400			
			г	1000-750	300-200	500-300	400			
Високої точності	III	Б	a	2000-1500	500-400	400-200	300	3.0 1.2	2.5 0.7	2.5 1.5
			б		300-200	400-200	300			
			в	750-	300-200	-	200			1.8 0.6

Використання класифікатора «тип приміщення – характеристика зорової роботи» спрощує і прискорює процедуру санітарно-гігієнічного контролю на виробництвах, що вже існують, а також прискорює розробку проектних рішень з природнього та штучного (суміщеного) освітлення на об'єктах, що будуються або реконструюються. Водночас, така класифікація ускладнює діяльність проєктувальників, роботодавців, робітників та органів контролю при спробах визначити вимоги до якості світлового середовища у конкретній будівлі/приміщенні/серії приміщень.

Причиною підвищених вимог до світлового середовища для зорових робіт високої складності у промислових приміщеннях у порівнянні з житловими, цивільними, та адміністративно-побутовими спорудами за ДБН В.2.5-28:2018 є підвищений ризик виникнення тяжких травм та профзахворювань на промислових виробництвах. Але при цьому треба звернути увагу, що державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (прийняті у 2014 р. і на нинішній час не оновлені), класифікуючи умови праці залежно від параметрів світлового середовища виробничих приміщень, посиляються не на значення, наведені у ДБН В.2.5-28:2018, а приймає їх за ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення», що йому передувало.

При цьому в таблиці ДСНтП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (табл. 2.4) наводяться тільки класи робіт високої зорової точності для промислових приміщень (I-III), але не наведені еквівалентні за зоровою точністю роботи для житлових, цивільних, та адміністративно-побутових споруд (А-Б), що ускладнює визначення класів умов праці та напруженості трудового процесу у таких приміщеннях. Проведений аналіз доводить, що ДБН В.2.5-28:2018 є більш прогресивним, ніж будівельні норми по внутрішньому освітленню приміщень, що йому передували. В той же час потрібно зазначити, що у ньому недостатня увага

приділяється особливим вимогам до освітлення приміщень, де виконуються зорові роботи високої точності, зокрема, з використанням електронних дошок, моніторів. Нормується тільки освітлення робочої зони. Пов'язані з ДБН В.2.5-28:2018 нормативні документи не оновлені, рекомендуються застарілі методи розрахунку.

Табл. 2.4

Класи умов праці в залежності від параметрів світлового середовища

Фактор, показник		Клас умов праці				
		допустимий	Шкідливий			
		2	3.1	3.2	3.3	3.4
Природне освітлення						
Коефіцієнт природного освітлення (КПО, %) %		$\geq 0,6^*$	$0,1 \div 0,6$	$< 0,1$ або відсутнє	$< 0,1$ або відсутнє	$< 0,1$ або відсутнє
Штучне освітлення						
Освітленість робочої поверхні (E_n , лк) для розрядів зорових робіт	I-IV, VII	E_n^*	$0,5E_n \div E_n$	$< 0,5E_n$	$< 0,5E_n$	$< 0,5E_n$
	V, VI, VIII	E_n^*	$< E_n$	$< E_n$	$< E_n$	$< E_n$
Прямий відблиск		відсутність	наявність	наявність	наявність	наявність
Коефіцієнт пульсації освітленості, ($K_{пн}$, %)		$K_{пн}^*$	$> K_{пн}$	$> K_{пн}$	$> K_{пн}$	$> K_{пн}$

*Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО), освітленості (E_n), коефіцієнта пульсації освітленості ($K_{пн}$) згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення».

На нинішній час в Україні ДБН В.2.5-28:2018 є загальним установчим документом, на основі якого рекомендовано розроблювати галузеві норми і правила в області освітлення промислових та цивільних приміщень. Нормативна практика України передбачає, що нормування в області проектування освітлення на робочих місцях, приміщеннях та допоміжних площах міститься як складова санітарних регламентів. Прикладом вдалого впровадження таких норм у галузь може вважатись «Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти» (розроблений у 2020 р., діє з 2021 р.). У розділі «Гігієнічні вимоги до будівель та приміщень» цього регламенту докладно описані вимоги до освітлення навчальних та допоміжних приміщень,

розташування та розмірів засобів навчання (інтерактивних дошок, моніторів) та обладнання, та мінімальні значення яскравості освітлення у приміщенні різного призначення згідно з Санітарним регламентом для закладів загальної середньої освіти (табл. 2.5).

Для порівняння, ДСНіП «Санітарно-протиепідемічні вимоги до новозбудованих, реставрованих і реконструйованих закладів охорони здоров'я» (зареєстровані у 2023 р.) [102] у розділі «Гігієнічні вимоги до природного і штучного освітлення» використовують класифікатор призначення приміщень тільки коли виділяють категорію приміщень, які припустимо проєктувати з використанням лише штучного освітлення та зазначає, що «...Штучне освітлення повинно відповідати призначенню приміщення ЗОЗ, бути регульованим та безпечним, не чинити сліпучої та іншої несприятливої дії на здоров'я людини...» без подальших уточнень кількісних категорій показників якості освітлення. Вочевидь, пропонується використовувати додаток Д «Нормовані показники освітлення приміщень і об'єктів громадського та комунального призначення» з ДБН В.2.5-28:2018, у якому достатньо уваги приділено приміщенням закладів охорони здоров'я. Водночас у додатку Г «Нормовані показники освітлення приміщень загальнопромислового призначення» серед приміщень, у яких здійснюються зорові роботи високої складності, наведено тільки касові зали, що не визначає ознаку робочого середовища інших приміщень за призначенням. Також треба зауважити, що галузеві санітарно-гігієнічні норми для встановлення показників яскравості світла (який є основним критерієм якості і безпеки візуального середовища) пропонують використовувати ДСТУ Б В.2.2.-6-97 «Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості» [103], що є морально застарілим і не відповідає ані вимогам сучасного проєктування, що використовує новітні засоби освітлення, ані технічним засобам, що можуть бути використані для вимірювання. При цьому також слід враховувати, що серед документів, на які посиляється ДСТУ Б В.2.2.-6-97 є як застарілі («ГОСТ 23198-94 Лампи електричні. Методи вимірювання спектральних і колірних характеристик» [104]) так і ті, що вже

було оновлено [105, 106], але це не відображено у ДСТУ. Відсутні вказання як можливості моделювання сили освітлення в приміщенні, що проєктується, за допомогою програмних засобів, так і на застосування нових технологій штучного проєктування приміщень (зокрема, посилання на «ДСТУ 8546:2015 Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови» [107]).

Табл. 2.5

Рівні загального штучного освітлення у приміщеннях закладів загальної середньої освіти

Приміщення	Площина (Г-горизонтальна, В-вертикальна) нормування освітленості, висота площини над рівнем підлоги, м	Штучне освітлення робочих поверхонь, лк
Навчальні приміщення, лабораторії	В - 1,5 на середині дошки	500
	Г - 0,8 на робочих столах і партах	400
Кабінети технічного креслення та малювання	В - на дошці	500
	Г - 0,8 на робочих столах і партах	500
Майстерні з обробки металів та деревини	Г - 0,8 на верстаках і робочих столах	300
Кабінети трудового навчання для дівчаток	Г - 0,8	400
Спортивні, фізкультурно-спортивні зали	Г - підлога	200
	В - на рівні 2,0 м від підлоги з обох сторін на поздовжній осі приміщення	75
Снарядні, інвентарні, господарські комори	Г - 0,8	50
Криті басейни	Г - на поверхні води	150
Актові зали	Г - підлога	200
Естради актових залів	В - 1,5	300
Кабінети педагогічних працівників	Г - 0,8	300
Рекреації	Г - підлога	150

Проведений нами аналіз показав, що, на відміну від рекомендованого для застосування ДБН В.2.5-28:2018, міжнародні стандарти, що діють в Україні: ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для

проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» [108] та ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» - встановлюють світлотехнічні вимоги для більшості внутрішніх робочих місць і пов'язаних з ними зон стосовно кількості та якості освітлення із рекомендаціями щодо поліпшення практики освітлення, пов'язуючи їх як з робочим місцем (зоною), де виконуються зорові роботи високої складності, так і з оточуючим середовищем.

В той же час, згідно проведеного нами дослідження, як в стандартах України так і в міжнародних дослідженнях не враховуються нові методики оцінки критеріїв якості візуального середовища з застосуванням сучасних апаратних та програмних засобів, що можуть значно прискорити таку оцінку та знизити її вартість. Проведене дослідження показує розповсюдженість зорових робіт як у будівельній галузі, так і у інших галузях промисловості в Україні і світі. Найбільшою групою ризику по розвитку професійних захворювань внаслідок негативного впливу світлового середовища є робітники, що виконують зорові роботи високої точності. Дослідження даних світового досвіду, що свідчать про значущість світлового середовища для формування оптимальних умов праці та навчання, профілактики травматизму та виникнення набутих хвороб, дозволяє зробити висновок про необхідність поглиблення наукових досліджень по комплексному впливу усіх факторів світлового середовища на психофізіологічний стан робітників та встановлення математичних моделей ризику здоров'ю робітників за умов раціонального використання природного освітлення у робочих приміщеннях та проектування штучного освітлення для робітників категорії «проектувальники і конструктори», що виконують зорові роботи високої точності, у тому числі з використанням інноваційних інженерно-технічних рішень.

Проведений нами аналіз та дослідження та аналіз міжнародних та національних актів, що нормують якість світлового середовища у приміщеннях, де проводяться зорові роботи високої точності показали, що вони не

ураховують в повній мірі вимоги до світлового середовища в робочій зоні та на робочих місцях. Також рекомендовані методики санітарно-гігієнічної оцінки якості світлового середовища на дозволяють в повній мірі оцінити вплив візуальних факторів на психофізіологічний стан працівників, їх безпеку та працездатність з урахуванням індивідуальних особливостей (вік, вади зору) та особливостей виробничого процесу. Це впливає на атестацію робочих місць, якість проектування і повноту виконання вимог безпеки щодо світлового середовища та пов'язаних з ним ОС та пристроїв [109, 110, 111].

Тому нами визначена необхідність провести обґрунтування вибору критеріїв оцінки світлового середовища та розробки комплексної методики дослідження для оцінки світлового середовища при виконанні зорових робіт високої точності.

2.2 Вибір основних критеріїв та розробка методики оцінки виробничого світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності

При виборі критеріїв оцінки світлового середовища та визначенні методики оцінки його якості нами було проведено аналіз параметрів, за якими оцінюється якість світлового середовища згідно ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-2:2016 (див. табл. 2.6).

Табл. 2.6

Параметри якості світлового середовища згідно ДБН В.2.5-28:2018

Параметр	Одиниця вимірювання	Примітки
Середня освітленість, $D_{сер}$ Мінімальна освітленість, D_{min}	лк	Значення середньої освітленості залежать від типу джерела штучної освітленості
Рівномірність (однорідність) освітленості	-	Освітленість зони оточення має відповідати освітленості зони завдань
Циліндрична освітленість	лк	Нормується тільки для цивільних, житлових, адміністративно-побутових споруд
Блискавість (пряма, відбивана)	-	-
Показник дискомфорту, M	-	Нормується лише для цивільних, житлових, адміністративно-побутових споруд

Продовження табл. 2.6

Показник дискомфорту освітлення, UGR	-	Нормується лише для промислових приміщень
Яскравість поверхні, розподіл яскравості	cd/m ²	-
Коефіцієнт природньої освітленості, КЕО	%	-
Контраст об'єкта з фоном (малий, середній, великий)	-	-
Характеристика фону (світлий, середній, темний)	-	-
Показник засліпленості, Р	%	Нормується тільки для загального освітлення
Коефіцієнт пульсації, К _п	%	-
Кількість ультрафіолетового і синього випромінювання	-	Пропонується нормувати за [109], [110], [111]
Світлова віддача джерела освітлення		-
Колірність випромінювання світла, Т _к	К	-
Індекс колірної передачі	1-100	-
Співвідношення освітлення робочої зони до освітлення навколишньої зони	-	-
Коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки	-	-
Встановлені потужності штучного освітлення	Вт/м ²	Нормується лише для промислових приміщень
Чинники енергоефективності	-	-

Проведений аналіз показав, що в діючих стандартах не запропоновані критерії оцінки якості світлового середовища, які необхідно враховувати при виконанні зорових завдань високої складності. Тому нами було запропоновано введення нових критеріїв оцінки якості освітлення, що дозволяє комплексно оцінювати світлове середовище з урахуванням якості освітлення. В залежності від впливу якості освітлення нами було виділено групи впливу та сприйняття робочого середовища на працівниками при виконанні зорових робіт високої складності (табл. 2.7).

Критерії комплексної оцінки зорової роботи

Група та критерії якості освітлення	Якість освітлення	Основні параметри якості освітлення та шляхи впливу на них
Група А – зорова робота	Природня, штучна освітленість,	Сила світла, рівномірність освітленості, якість кольоропередавання, відбивання, відблиск, контраст, світлове моделювання
Група Б – сприйняття робочого середовища	Світлове моделювання середовища, контрастність, колірна передача	Архітектурні рішення, розмір і орієнтація віконних отворів, навколишнє середовище
Група С – зоровий комфорт	Мерехтіння, прямий та непряний відблиск, розподіл яскравості	Контроль блискавості, регуляція контрастності, обмеження пульсації, архітектурні рішення по збільшенню природнього освітлення
Група Д – безпека життєдіяльності	Спектр випромінювання,	Самопочуття, активність, нормальне регулювання біологічних процесів організму
Група Е – технічні можливості впливу на візуальне середовище	Тип системи освітлення	Індивідуальне керування освітленням, автоматичне керування освітленням, динамічне освітлення.

Для підвищення якості світлового середовища при виконанні робіт високої зорової складності нами введені групи впливу, що дозволяють оцінити безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працівників при виконанні зорових робіт високої складності.

При виборі зазначених критеріїв при оцінці параметрів світлового середовища нами було проведено аналіз існуючих в Україні та світі нормативних документів. Так, ДСТУ EN 12464-1:2016 наголошує, що якісне освітлення у робочих приміщеннях забезпечується не лише необхідною освітленістю, але має задовольняти й інші – якісні та кількісні – показники, що зумовлюються особливостями функціонування людського організму та робочими процесам. Додатково підвищити зорові характеристики у робочому приміщенні без підвищення рівня освітленості, які, відповідно до ДСТУ EN 12464-1:2016 рекомендуються підвищувати: «...за рахунок поліпшення якості розробки світлового середовища, використання освітлення

без блискавості, джерел освітлення з хорошою кольоропередачею, використання контрастних позначень, оптичних та тактильних систем орієнтирів, як можуть поліпшити видимість та відчуття напрямку, що особливо важливо для створення безпечного та доступного робочого середовища [112-116].

Тому, за результатами проведених нами досліджень та відповідно до ДСТУ EN 12464-1:2016, при оцінці робочих місць визначеної нами категорії працівників відповідно до особливостей функціонування людського організму та вимог робочих процесів, пропонується виконати комплексну оцінку світлового середовища робочих місць з урахуванням критеріїв безпеки життєдіяльності людини, які базуються на наступних групах параметрів (рис. 2.3):

- забезпеченню безпеки життєдіяльності працівників з урахуванням впливу світлового середовища на їх фізичний та психофізіологічний стан;
- сприянню зорової працездатності (працівники можуть виконувати свої зорові завдання навіть у важких умовах і протягом більш тривалих періодів);
- урахуванню зорового комфорту (робітники мають гарне самопочуття, що опосередковано сприяє підвищенню рівня працездатності та якості роботи).

Проведене дослідження свідчить, що вплив денного світла на людський організм не вичерпується зоровою працездатністю. Так, доведено, що недостатня кількість природнього освітлення, яку не могли компенсувати джерела штучного освітлення 50-60 рр., негативно впливає на психофізіологічний стан людини [116-119]. Найбільш уразливими є такі категорії населення:

- люди працездатного віку, що регулярно виконують зорові роботи високої складності. З рухом від індустріального до постіндустріального суспільства доля цієї категорії населення зростає [120-121].

- діти та підлітки дошкільного та шкільного віку, зоровий апарат яких ще не сформувався, але із зростанням виконує все більш довготривалі та складні зорові завдання;

На основі проведених нами досліджень для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природного та штучного освітлення як на безпеку праці та працездатність, так і на психофізіологічну діяльність, нами розроблено алгоритм покрокового циклу оцінки якості освітлення (рис. 2.3).

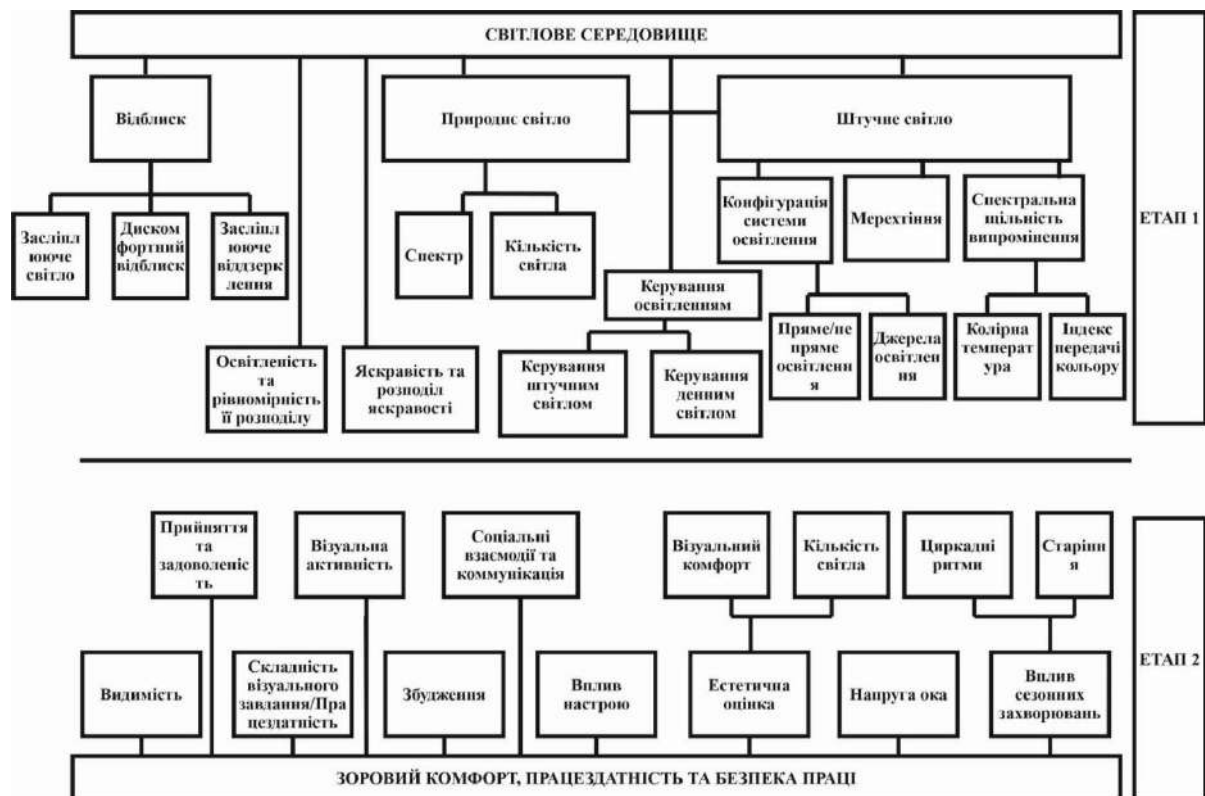


Рис. 2.3 Алгоритм покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та психофізіологічного стану працівників з урахуванням впливу природного та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової складності.

Запропонований алгоритм передбачає виконання наступних етапів:

1. На 1 етапі проводиться дослідження параметрів світлового середовища, у приміщенні (або його проєкті) де виконуються (або мають виконуватись) приміщення, де мають виконуватись зорові роботи високої

складності. Параметри фіксуються та порівнюються з діючими гігієнічними нормами.

2. На 2 етапі оцінюється вплив досліджених на етапі 1 середовища на безпеку праці, працездатність та зоровий комфорт робітників, що виконуватимуть у цьому приміщенні зорові роботи високої складності.

При визначенні світлового середовища, з урахуванням вищенаведеного, необхідно враховувати розміщення виробництв у різних кліматичних зонах та необхідність здешевлення будівництва та обслуговування таких виробництв є основними причинами тому, що приміщення та робочі місця для робіт високої зорової складності плануються так, щоб штучні джерела освітлення компенсували недостатню кількість природнього світла.

Рух у цьому напрямку поклали досліді, що вивчали біологічний вплив сонячного світла (його видимого та невидимого спектра) як на організм людини, так і на шкідливі мікроорганізми [122, 123, 124]. Найбільш жорсткі та конкретні норми по плануванню приміщень, їх глибини (до 6 м. у країнах пострадянського простору, до 5.5 м. у Польщі [125]), площі та висоти віконних отворів, орієнтації по сторонам світу і інші параметрам, що впливають на кількість і якість природнього освітлення – впроваджуються в області громадського будівництва для навчальних закладів та лікарень.

Не обмежуючись впливом на зоровий аналізатор, світло, як виявили дослідження, має вплив на виробітку гормонів, являючись головним ініціатором регуляції циркадних ритмів, впливаючи на кров'яний тиск, роботи симпатичної та парасимпатичної нервових систем. При цьому роль має не тільки сила світла, але й його спектр [126, 127]. У зв'язку з цим з початку 2000 рр. і донині є актуальними є проблеми:

- розробки дешевих в виробництві, надійних в експлуатації, екологічних джерел освітлення, що мають спектр, максимально наближений до спектру природнього освітлення, або спектр, що регулюється [128];

- проєктування світильників та систем освітлення на базі вказаних вище джерел освітлення, за допомогою яких можна створювати різноманітні, прості в

монтажі та експлуатації, надійні системи освітлення внутрішніх приміщень, які можуть регулюватись динамічно в залежності від вимог працюючих та рівня природньої освітленості.

У деяких випадках (підвищені санітарно-гігієнічні вимоги, вимоги безпеки тощо) ці роботи можуть проводитись у приміщеннях, що не мають природнього освітлення, або у тих, де конструктивно неможливо облаштувати ефективні системи загального освітлення (архіви, склади, тощо). В таких випадках можемо компенсування недостатчі природнього освітлення за рахунок штучного може бути здійснена лише частково і для збереження зорового комфорту та концентрації уваги потрібно облаштовувати локальне освітлення робочих місць та одночасно змінювати режим перебування на робочому місці, передбачаючи для працівників можливість відпочинку у спеціально обладнаних зонах із природнім освітленням.

Згідно ДСТУ EN 12464-1:2016, до основних параметрів, за якими визначають якість штучного та природнього освітлення у робочих приміщеннях відносяться: яскравість та її розподіл, освітленість та її рівень, спрямованість світла, освітлення у приміщенні, мінливість світла (рівні та колір світла), кольоропередача та колірність світла, блискавість та пульсація.

Проведений нами аналіз показав, що при оцінці якості освітлення, крім прямого впливу на працездатність, треба також враховувати вплив світлового середовища на виникнення професійних захворювань (захворювання ока, постаті тощо).

Порівняльний аналіз сучасних санітарно-гігієнічних вимог до освітлення приміщень у яких здійснюються зорові роботи високої складності, в Україні та країнах ЄС (див. розділ 2.1) показує, що дослідження, а з ним і застосування норм щодо освітленості та інших візуальних характеристик конкретних приміщень, з початку 50х рр. здійснювалося, в першу чергу, в промисловості. Була встановлена пряма кореляція між працездатністю робітника та ергономікою робочого місця та раціональним плануванням робочого приміщення, зокрема, і в області освітлення [129, 130]. Окрім підвищення

працездатності, поставало питання зниження впливу шкідливих чинників, вплив яких може викликати травму або стати джерелом професійного захворювання. Вплив окремих компонент візуального середовища на працездатність і безпеку традиційно найповніше досліджувався саме в умовах реальних виробництв. На основі отриманих експериментальних даних були розроблені норми, що задавали мінімально припустимий рівень норм облаштування освітлення у приміщеннях різного призначення та на конкретних робочих місцях. Для зручності ці норми враховували типові схеми природнього освітлення виробничих приміщень. Були також досліджені ефекти впливу кольору, характеристик світовідбиття, контрастності на робочих місцях на ефективність праці. На основі цих досліджень як на окремих виробництвах, так і в цілих галузях впроваджувались рекомендації по викраскам, застосуванням тих чи інших матеріалів оздоблення в виробничих і допоміжних приміщеннях. Окремо слід виділити ефективність застосування прийому візуалізації для створення максимально швидкої, невербальної системи інформування робітників. Зазначені ефекти були враховані у є прийнятому в Україні адаптованому ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки» [131] та 127. ISO 3864-1:2011 [127], в Україні прийнятий як національний стандарт ДСТУ «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення» [132]. Регламентована ними графічно-колірна система позначень впроваджена у всьому світі і вдало допомагає зберегти життя і здоров'я завдяки своїй універсальності, що долає мовні і культурні бар'єри.

В Україні умови праці за фактором світлового середовища регламентуються основним міжотрасльовим ДБН В.2.5-28:2018, згідно якого основними критеріями оцінки якості освітлення в робочих приміщеннях, зокрема, в тих, де здійснюються зорові роботи високої складності, є:

- коефіцієнт природної освітленості та геометричний коефіцієнт природної освітленості;

- показник дискомфорту блискавистість (UGR) – засліплення (P).
- коефіцієнт пульсації світлового потоку.

Як можливе джерело зорового дискомфорту вказується нерівномірність розподілу яскравості в освітленому просторі. Для цього виділяється об'єкт розрізнення та зона, яка безпосередньо до нього прилягає – фон, і розглядається співвідношення яскравості фону та об'єкта розрізнення. По характеристикам світло відбиття фон ділиться на три категорії світлий (коефіцієнт відбивання більше 0.4), середній (від 0.2 до 0.4) та темний (менше за 0.2). Додатково оцінюється коефіцієнт корисної дії світильника (ККД), його колірна температура, індекс кольоропередавання. З урахуванням показників, що наводяться у розділі 2.2, базовими методиками визначення кількісних показників світлового середовища є ті, що ґрунтуються на світлотехнічних розрахунках ОУ (освітлювальних установок) та геометричному методу оцінки коефіцієнта природньої освітленості, згідно [132], які носять наближений характер і не враховують технічні характеристики нових матеріалів та світлових установок.

На теперішній час на ринку програмного забезпечення для проєктування розроблено декілька програм для спеціалізованого світлотехнічного розрахунку, які дозволяють отримувати моделі ОУ, наближені до реальності [133-135]. Розрахункові алгоритми базуються на сучасних математичних методах, що використовують матрично-векторний апарат. Найбільш поширені методи: метод випромінення та метод трасування променів, які дозволяють адекватно змодельовати процеси розповсюдження та переносу випромінення в просторі, що досліджується [136, 137]. Використання програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку, порівняно з геометричним методом, дозволяє:

- здійснювати більший об'єм розрахунків за менший час;
- обирати найбільш ефективну по співвідношенню «вартість – світлова ефективність» модель освітлення із декількох запропонованих.

Додатково в Україні діє ДСТУ Б EN 15251:2011 (EN 15251:2007, IDT) «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» [138], які передбачають оцінку санітарно-гігієнічних показників візуального середовища шляхом аудиту робочих місць та приміщень за нормованими показниками. Вимоги щодо організації виробничого освітлення, критерії вибору відповідного обладнання і значення показників освітленості регулюються інструкціями, таблицями і правилами, зведеними в нормативно-правових документах – СНіП (ДБН). Для кожного виду діяльності, розряду зорової роботи і умов навколишнього середовища висуваються особливі вимоги до граничних показників освітленості. Для практичного застосування в оцінці умов праці з визначення параметрів візуального середовища необхідно вирішити завдання щодо забезпечення необхідних для збереження зорової працездатності та створення візуального комфорту показників рівня освітленості, спрямованості світла, постійності характеристик мінливості світла (рівень та колір), кольоропередачі та колірності світла, рівнів блискості та пульсації.

2.3 Обґрунтування проведення комплексних досліджень оцінки впливу світлового середовища на працівників при виконанні робіт високої точності

2.3.1 Вибір і використання інструментальних методів дослідження світлового середовища у виробничих приміщеннях

Проблемою природнього освітлення, окрім вказаних вище техніко-економічних причин, за якими неможливо спроектувати у конкретній будівлі оптимальну з точки зору забезпечення природнього освітлення систему, є також його мінливий характер. Кількість і спектр природнього світла коливається протягом світлового дня та в залежності від пори року та швидко змінюється при коливанні погодних умов. На стадії ескізного проектування рівень освітленості всередині приміщень D_n , % обчислюється як доля від

середньомісячної сумарної зовнішньої освітленості захмареного неба МКО, що визначається за формулою (2.2):

$$\text{КПО, } D_n = (E_{\text{вн}}/E_{\text{зовн}}) * 100\%, \quad (2.2)$$

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

$E_{\text{зовн}}$ – зовнішня горизонтальна освітленість, що створюється світлом повністю відкритого захмареного небосхилу, лк.

Відповідно до рішення Міжнародної комісії з освітленості [139] нормативні значення КПО виконуються для неба з рівнем захмареності 8-10 балів, при якій яскравість неба описується законом Муна-Спенсер (в Україні – тільки для безсніжних просторів) [139, 140] (2.3):

$$L_{\theta} = L_z (0.6 + 0.4 \sin \theta) \quad (2.3)$$

Де L_{θ} – яскравість точок небосхилу, що мають кутову висоту θ

L_z – яскравість точки зениту

θ - кутова висота (рис. 2.4)

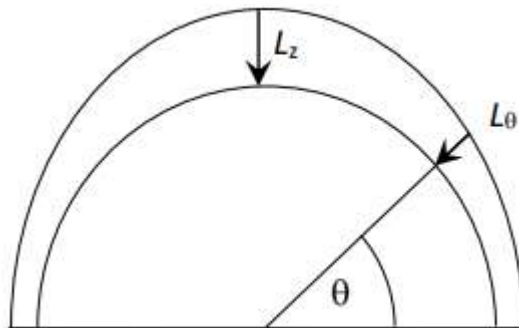


Рис. 2.4 Модель неба як напівсфери з суцільною захмареністю

Із формули 2.3 виходить, що яскравість неба при суцільній захмареності вважається однаковим для будь-якої орієнтації відносно сторін світу, і тому рівень освітленості у приміщенні буде залежати лише від величини кутової ділянки небосхилу, що спостерігається, коефіцієнта відбивання фасадів навколишніх будівель, наявності крон дерев та пори року, відповідно до якої змінюється рівень соняшної активності. При боковому освітленні, яке є найбільш розповсюдженою схемою природнього освітлення у приміщеннях для

праці інженерів і проєктувальників рекомендовану площу світлопрорізів визначають за формулою 2.4:

$$S_{\text{в}} = \frac{D_{\text{н}}}{100m} \times \frac{K_{\text{буд}} \eta_{\text{в}} K_3}{\tau_0 r_1}, \quad (2.4)$$

де $S_{\text{в}}$ – площа склення вікон, м^2 ;

$D_{\text{н}}$ – нормоване значення КПО, %;

m – коефіцієнт світлового клімату світлоперерізу, що залежить від світлокліматичної зони та орієнтації фасада будівлі по сторонам світу;

$S_{\text{п}}$ – площа підлоги, м^2 ;

$K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон напроти стоячими будівлями, приймається в межах $1 \dots 1,5$;

K_3 – коефіцієнт запасу, приймається $1,5 \dots 2$;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, що дозволяє урахувати втрати світла в залежності від коефіцієнту світлопропускання скла, наявності світлозахисних конструкцій зовні фасаду та інш.

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття при боковому освітленні;

$\eta_{\text{в}}$ – світлова характеристика вікна.

Згідно наведеної методики, при оцінці світлового середовища спектральний склад променевої енергії штучних джерел освітлення не оцінюється (його оцінку пропонується здійснювати при виборі джерел освітлення за [141], [142], [143], [144]). Це впливає на температурний режим у приміщенні (інфрачервоний спектр) та санітарно-гігієнічні показники по кількості спор бактерій і грибів у повітрі приміщення (ультрафіолетовий спектр) [145]. Визначено [146], що світло, як різновид електромагнітного випромінювання, має корпускулярно-хвильовий характер. Довжина хвилі та його частота пов'язані через виміряну швидкість світла c , що у вакуумі становить $2,9979 \times 10^8$ м/с, або близько $3,00 \times 10^8$ м/с. Таким чином, маємо:

$$c = \lambda \nu \quad (2.5)$$

де λ - довжина хвилі,

ν - частота.

Світло також поводить себе як пакет енергії. Математичне рівняння, яке пов'язує енергію (E) світла з його частотою, є

$$E = h\nu \quad (2.6)$$

де ν - частота світла,

h - постійна Планка ($6,626 \times 10^{-34}$ Дж с).

Промениста енергія (спектр) сонячного світла розділяється на три частини: невидимі ультрафіолетові промені з довжиною хвиль $\lambda < 0,40$ мкм, видимі промені з довжиною хвиль $0,40 < \lambda < 0,75$ мкм і невидимі інфрачервоні промені з довжиною хвиль $0,76 \leq \lambda \leq 4$ мкм (див. рис. 2.5).

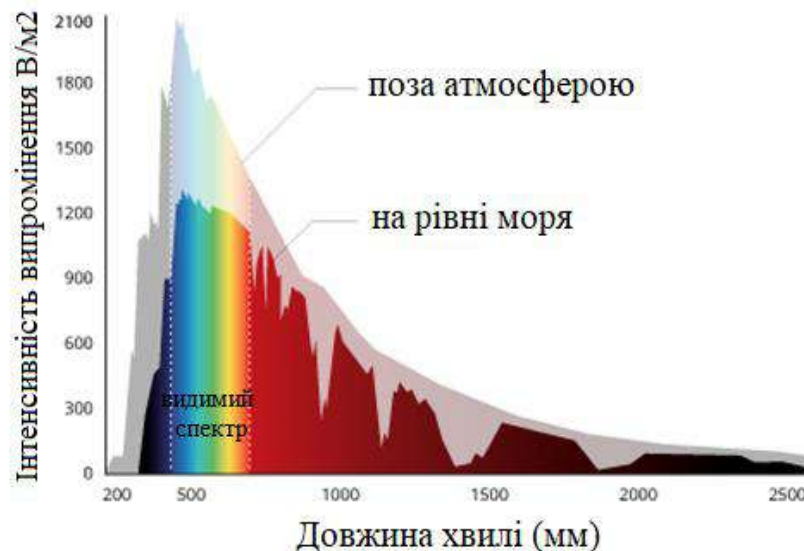


Рис. 2.5 Порівняння густини потоку оптичного випромінювання сонця поза атмосферою та на рівні моря в залежності від довжини хвилі

У поєднанні цей спектр зветься оптичним випроміненням. При вивченні оптичного спектра освітлення нами було враховано, що в області видимого випромінювання сонячний спектр характеризується досить рівномірною потужністю по всім довжинам хвиль [146]. Незважаючи на те, що ультрафіолетове випромінювання значно поглинається атмосферою, воно, разом із видимими та інфрачервоними променями, разом складає основне джерело енергії для біологічних процесів і є природнім регулятором, без якого

неможлива здорова тривала життєдіяльність людини [146-150]. З урахуванням проведених нами досліджень, для оцінки комплексної дії світлового середовища нами була запропонована таблиця, у якій вказана біологічна дія світла на організм людини в залежності від спектру хвилі (частоти) оптичного випромінювання (табл. 2.8).

Табл. 2.8

Біологічна дія природнього світла на організм людини

Довжина хвилі		Частота (Гц)	Діапазони	Назва групи хвиль	Дія на організм людини
10 ² мкм	10 ⁻² с м	3*10 ¹² Гц	Інфрачервоні промені (ІЧ)	Декамікронні	Позитивна дія: пригнічують розвиток мікрофлори, покращуючи протікання обмінних процесів в організмі. Мають болезаспокійливу і протизапальну дію, позитивно впливаючи на процес циркуляції крові. Негативна дія: висихання слизової оболонки ока; Виникнення злоякісних новоутворень, системних захворювань крові, кровотеч.
10 мкм	10 ⁻³ с м	3*10 ¹³ Гц		Мікронні	
1 мкм	10 ⁻⁴ с м	3*10 ¹⁴ Гц			
Світлове випромінювання (видиме світло)			Здійснення зорової функції; активізація процесів збудження в корі головного мозку; поліпшення діяльності інших (крім зорового) аналізаторів; позитивний вплив на емоційну сферу під час неспання; посилення біохімічних процесів, імунобіологічної реактивності; активізація обміну речовин: підвищення життєвого тону. У прикордонних областях довжини хвиль видиме світло має властивості як інфрачервоного, так і ультрафіолетового випромінювань.		
10 ² нм	10 ⁻⁵ с м	3*10 ¹⁵ Гц	Ультрафіолетові промені (УФ)	Ближні	Позитивна дія: загальна стимуляція обміну речовин в організмі, підвищення рівня гемоглобіну, покращення вироботки еритроцитів, лейкоцитів, посилення функції вироботки ферментів печінки, розширення капілярів, утворення вітаміну Д2, меланіну Негативна дія: розвиток ерітеми, опіки шкіри, ураження очей, фотодерматоз, сонячний еластоз, рак шкіри, виведення з організму вітамінів В2, РР, С, вплив на ліпідний обмін речовин.
10 нм	10 ⁻⁶ с м	3*10 ¹⁶ Гц		Крайні	
1 нм	10 ⁻⁷ с м	3*10 ¹⁷ Гц		Жорсткі	
10 ⁻² нм	10 ⁻¹⁰ с м	3*10 ²⁰ Гц			

Густина потоку енергії оптичного випромінення та ступінь дії сонячної радіації (МДж/м²) для конкретної місцевості буде залежати від широти, висоти місцевості над рівнем моря, пори року (рис. 2.6, табл 2.9), погодних умов тощо [151, 152].

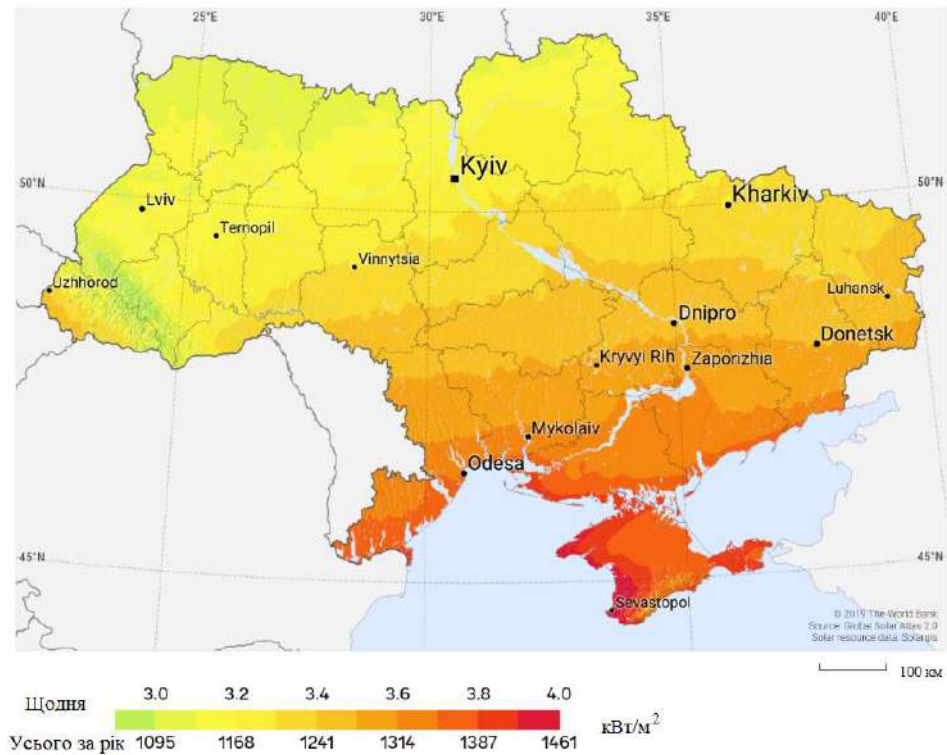


Рис. 2.6 Середні показники значень енергії сонця в день та за рік на території України. Період спостережень: 1994-2019 рр. [151].

Табл. 2.9

Середня кількість енергії сонця на день в залежності від пори року для півдня України

Місяць	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
Середньодобове сонячне випромінювання, кВт*год	1.25	2.1	3.07	4.58	5.65	5.85	6.03	5.34	3.93	2.53	4.36	1.04

Як було визначено вище, основними нормативними розрахунковими показниками, який використовують для надання якісної характеристики природнього, штучного та суміщеного освітлення у приміщенні згідно ДБН В.2.5-28:2018 є E_{min} та $E_{сер}$ (лк) на робочій поверхні та коефіцієнт

природньої освітленості у робочому приміщенні D_n , % [153]. Визначено, що для приміщень, де здійснюються зорові роботи високої складності, як нормами України [60], так і у міжнародній практиці рекомендується використовувати суміщену систему освітлення.

На основі проведеного нами аналізу визначено, що для дослідження світлового середовища на робочих місцях в Україні та в міжнародній практиці використовують наступні групи методів вимірювання параметрів природнього, штучного та суміщеного освітлення: інструментальні, описові та аналітичні (інженерні та ті, що виконуються за допомогою програм світлотехнічного розрахунку). Інструментальне вимірювання здійснюється за допомогою лайтметрів, тестерів ультрафіолету, тауметрів, колорметрів, спектрометрів, які дозволяють кількісно оцінити параметри світлового середовища (табл. 2.10).

Табл. 2.10

Прилади, що використовуються для інструментального вимірювання параметрів світлового середовища

Тип приладу	Параметри	Примітки
Лайтметр (люксметр)	Інтенсивність, яскравість освітлення	Точність вимірювання залежить від конструкції датчика вимірювання
Тестер ультрафіолету, УФ радіометр	Інтенсивність ультрафіолетового випромінювання	Спектральний діапазон вимірювання може бути більш чи менш широким, в залежності від моделі
Тауметр	світловий коефіцієнт пропускання скла та інших світлопрозорих матеріалів	-
Колорметр	інтенсивність кольору	Деякі прилади підтримують функцію порівняння інтенсивності кольору, що вимірюється, з еталонним
Спектрометр, спектрофотометр	Частота та щільність оптичного випромінювання природнього освітлення та від штучних джерел освітлення різного типу	Спектральний діапазон вимірювання може бути більш чи менш широким, в залежності від моделі

Більшість таких приладів підтримують збереження до 1000 показників вимірювання з подальшим виводом їх на зовнішні пристрої для обробки. В залежності від складності моделі, за допомогою одного приладу можна виміряти один чи декілька параметрів світового середовища (наприклад лайтметр + колорметр). За допомогою професійних інструментів, такі, як мультиметр Testo 440, використовуючи змінні щупи, можна послідовно виміряти і інші гігієнічні параметри робочого середовища (температуру повітря робочої зони і поверхонь, швидкість руху повітря тощо).

Процес вимірювання освітленості робочої поверхні E_{rp} на робочих місцях, розташованих в приміщеннях будівель і споруд, базується на вимогах чинного законодавства [135].

Перевагами інструментальних методів є їхня об'єктивність, можливість використовувати в приміщеннях як з оздобленням так і без, можливість оцінити ефективність дії природнього і штучного освітлення в конкретному приміщенні, порівнюючи отримані показники з санітарно-гігієнічними нормами, що визначають оптимальні показники як інтенсивності світлового випромінювання, так і його спектрального складу тощо, перевіряти ефективність впровадження систем штучного та суміщеного освітлення та їх відповідність заявленим характеристикам.

До недоліків інструментальних методів відносяться:

- необхідність 3 і більше вимірів на кожній з точок для зниження похибки вимірювання;
- складність та/або неможливість вимірювань для порівняння роботи різних освітлювальних систем штучного та суміщеного освітлення;
- виміри можливо здійснити тільки на об'єктах, що існують і доступні досліднику.
- достовірність результатів вимірювання значною мірою залежить від зовнішніх факторів, що не підконтрольні досліднику (пора року, погодні умови, мінливість природнього освітлення, доступність об'єкта).

- за допомогою мінімальної кількості приладів вимірювання неможливо комплексно оцінити якість візуального середовища за усіма групами параметрів його впливу на працівника.

На основі проведеного аналізу нами для проведення натурних вимірювань візуальних характеристик на етапі 1 комплексної оцінки зорового комфорту, працездатності та безпеки праці з урахуванням впливу природнього та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової складності. (рис. 2.3.) нами були обрані 2 прилади (рис 2.7):

- лайтметр FLUS MT-912
- мультиметр Testo 440 у режимі лайтметра із підключеним зондом освітленості.

Технічні характеристики обох приладів наведені у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11.

Функції приладів FLUS MT-912 і Testo 440

Модель	FLUS MT-912	Testo 440
Функції вимірів	Освітленість: Ev, лк	Освітленість: Ev, лк
Межа вимірів Ev, лк	0~200000	0~100000
Час виміру	500 мс	1 секунда
Спектральна точність	f1=6%=V-Lambda f2=2%	Клас C (згідно DIN 5032-7) f1=6%=V-Lambda f2=5% cos
Точність	±3 % (<10,000 Lux), ±4 % (>10,000 Lux)	±3 % (<10,000 Lux), ±4 % (>10,000 Lux)
Розподільна здатність	±3 % (<10,000 Lux), ±4 % (>10,000 Lux)	0,1 Лк (<10,000 Лк) 1 Лк (>=10,000 Лк)
Температурні коливання	±1.5°C	Ev : (5 % + 2 Digital) + 2 одиниці
Температурний діапазон вимірювань	(Від -20°C~+60°C)	(від-20 °C до 50 °C)

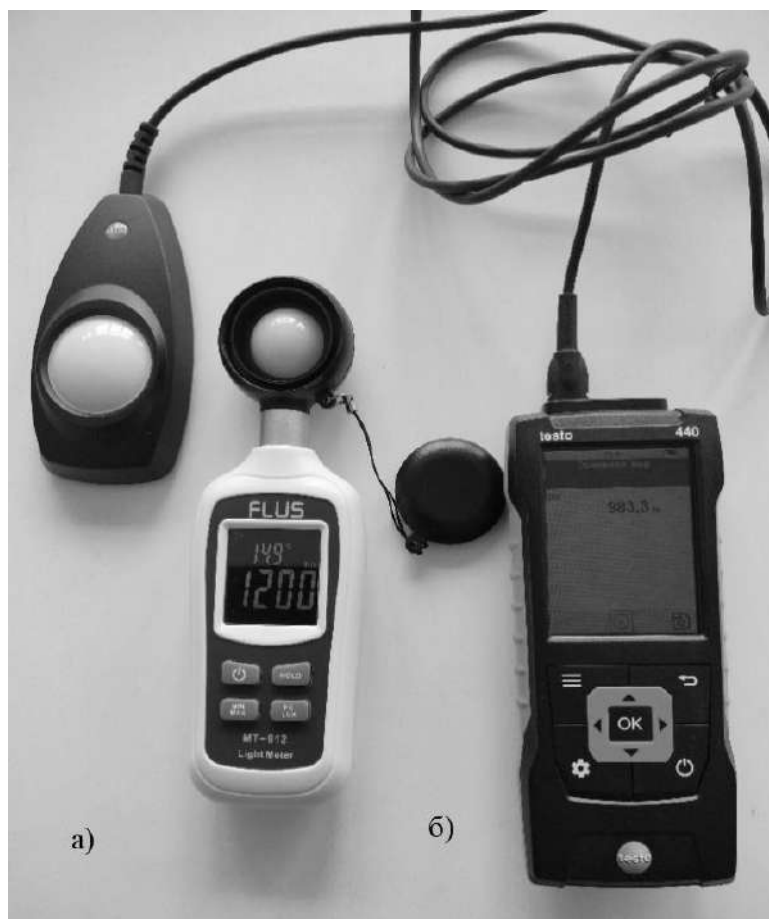


Рис. 2.7. Робота лайтметрів: а) FLUS MT-912 б) Testo 440

2.3.2 Вибір і використання експрес- та аналітичних методів при оцінці світлового середовища у виробничих приміщеннях

За ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [60], під час проектування природного освітлення рекомендується виконати такі проектувальні розрахунки: перший – попередній розрахунок площі світлових прорізів, другий – перевірка коефіцієнта природного освітлення (КПО) у точках характерного перерізу. Обидва розрахунки мають невисоку інформативність для кількісної та якісної оцінки прийнятих проектувальних рішень.

Світловий коефіцієнт (СК) — це відношення площі заскленої поверхні вікон до площі підлоги. Для його визначення вимірюють, використовуючи рулетку, площу заскленої поверхні усіх вікон у приміщенні (не враховуючи віконні рами) і площу підлоги. Світловий коефіцієнт виражають у вигляді простого дробу, у чисельнику якого одиниця, а в знаменнику частка від ділення площі підлоги на площу заскленої поверхні.

Гігієнічний норматив у приміщення з напруженою зоровою роботою СК повинний складати не менше $1/4$, в інших приміщеннях — $1/6$. Отримані дані порівнюють з нормативними значеннями та складають гігієнічний висновок.

При використанні описових методів нами враховувались параметри приміщення, що існує або проєктується (площа, висота, орієнтація і конфігурація віконних отворів, контрастність та блискість поверхонь та оздоблення, схема розміщення, кількість та параметри світильників тощо). Побудована на основі цих відомостей спрощена геометрична модель приміщення, його оздоблення та оточення, дозволяє на основі співвідношення найзначніших груп параметрів між собою провести експрес-оцінку стану світового середовища та перевірити його відповідність існуючим гігієнічним вимогам, що залежать від складності зорових робіт, які проводяться у приміщенні. Експрес-методика широко застосовується для оцінки освітлення не тільки житлових приміщень, а також приміщень суспільного, змішаного використання та промислових будівель.

Початком першого етапу визначення показників природного освітлення приміщень за експрес-методикою є фіксація даних описового характеру:

1. Зовнішні фактори, від яких залежить природне освітлення приміщень:

- географічна широта місцевості, клімат (кількість хмарних днів та світловий клімат) місцевості;
- пора року та година дня, коли експлуатується приміщення, наявність об'єктів, що затіняють (будівель, дерев, гір).

2. Внутрішні фактори:

- найменування та призначення приміщень;
- орієнтація вікон по сторонах горизонту, поверх;
- вид природного освітлення, тобто розміщення світлових проїомів (одностороннє, двостороннє, верхнє, комбіноване);
- кількість вікон, їх конструкція (однорамні, дворамні, спарені);
- якість та чистота скла, наявність на вікнах та за ними предметів, що затіняють предметів (квітів, фіранок);

- висота підвіконня, відстань від верхнього краю вікна до стелі;
- яскравість (відбиваюча здатність) стелі, стін, обладнання та меблів.

Від перерахованих факторів і, в першу чергу, від орієнтації вікон по сторонах горизонту (табл. 2.12) залежить також інсоляційний режим приміщень (тобто тривалість прямого сонячного освітлення)

Табл. 2.12

Типи інсоляційного режиму приміщень в залежності від орієнтації вікон

Тип інсоляційного режиму у робочому приміщенні	Орієнтація вікон приміщення
Максимальний	Південно-східна, південно-західна
Помірний	Південна, східна, західна
Мінімальний	Північно-східна, північна

За гігієнічними нормативами тривалість інсоляції житлових, навчальних та їм подібних за призначенням приміщень повинна бути не меншою 3 годин.

До експрес-методів оцінки світлового середовища відноситься також геометричний метод. Згідно ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 [154], оцінка природного освітлення приміщень геометричним методом виконується у такій послідовності:

1. Визначення світлового коефіцієнта (відношення площі заскленої частини вікон до площі підлоги, виражене простим дробом).

Отриманий результат оцінюють згідно гігієнічних нормативів (табл. 2.13).

Табл. 2.13

Норми природного освітлення деяких приміщень різного призначення

Вид приміщення	КПО, %	СК	Коефіцієнт заглиблення
	не менше		не більше
Учбові приміщення	1,25 – 1,5	1:4 – 1:5	2
Житлові кімнати	1,0	1:5 – 1:6	2
Лікарняні палати	0,5	1:6 – 1:8	2
Операційні	2,0	1:2 – 1:3	2

2. Визначення кута падіння. Цей показник характеризує кут, під яким світлові промені падають на робочу горизонтальну поверхню в приміщенні. Кут падіння Z ABC утворюється двома лініями, що виходять з однієї точки (робоче місце) до верхнього (AB) і нижнього (AC) краю вікна. Оскільки трикутник ABC є прямокутним, то кут падіння можна визначити по тангенсу (2.7):

$$\operatorname{tg} Z ABC = BC/AC \quad (2.7)$$

3. Визначення кута отвору. Цей кут визначають як різницю між кутом падіння та кутом затінення. Для визначення кута затінення знаходять на вікні точку перетину лінії(чи площини) від робочого місця до вершини об'єкту, що затінює D , ділять величину катета BD на AB (тангенс кута затінення), а в таблиці знаходять кут затінення.

4. Визначення коефіцієнта заглиблення приміщення – відношення відстані від вікна до протилежної стіни EF в метрах, до висоти верхнього краю вікна над підлогою CE в метрах. За гігієнічними нормативами цей коефіцієнтне повинен перевищувати 2 для житлових, навчальних та їм подібних приміщень.

5. На стадії ескізного проєктування приміщень для розрахунку природнього освітлення використовують геометричні методи розрахунку, які визначають мінімально необхідну площу світлових отворів у приміщенні, конструкцію вікон, ступіть прозорості скла та коефіцієнтів світловідбиття поверхонь у приміщенні, з урахуванням його довжини та глибини. Нормативне значення D_n , % нормами встановлюється [60] в залежності від типу, призначення приміщення та від характеристики складності зорових робіт.

Перевагами описових методів є:

- простота та доступність експрес-методів;
- використання прискорює роботу проєктувальника і дозволяє розробляти велику кількість варіантів як конфігурації самого приміщення та його оздоблення, так і схем розміщення світильників;

- дозволяють визначити рівень освітленості у приміщеннях, що реконструюються, проектується, або у яких фізично неможливо здійснювати інструментальні вимірювання;

- застосування можливо як у вигляді інженерних таблиць, так і за допомогою готових програмних продуктів, які дозволяють здійснити розрахунок з достатньою для попередньої оцінки ступінню точності та достовірності та запропонувати велику кількість варіантів проектних рішень.

Недоліком описових методів є те, що в їхній основі лежить створення спрощеної моделі освітлення, яка ураховує більшу чи меншу кількість змінних у приміщенні, що моделюються. Тому експрес-методи дозволяють провести тільки наближену оцінку стану світлового середовища. Також експрес-методи не дозволяють оцінити стан візуального середовища комплексно. Наближення точності математичної моделі до показників реального світлового середовища можливо лише із збільшенням точності табличних даних та складності моделі, що робить розрахунок складним.

Враховуючи названі вище недоліки, експрес-методи нами використовувались як такі, що дають можливість приблизно попередньо оцінити відповідність параметрів світлового середовища вимогам, що встановлені до виробничих приміщень, у яких виконуються зорові роботи високої складності.

У той же час отримані результати натурних досліджень дозволяють вдосконалити експрес-методи завдяки зворотньому зв'язку і внесення відповідних коректив у експрес-модель для її уточнення.

Проведені нами дослідження показали, що експрес-методи оцінки дозволяють лише приблизно (з похибкою $>10\%$) оцінити відповідність освітлення приміщення нормам і не дають кількісних характеристик освітлення.

Згідно проведеного нами аналізу, існуючі інженерні методи розрахунку природнього освітлення групуються, в основному, навколо двох розрахункових

методів проектування: один використовує так званий «люмен-метод», другий використовує методику розрахунку коефіцієнта природнього освітлення (КПО).

«Люмен-метод» застосовує прямий розрахунок освітленості від природнього світла, подібний методу розрахунків освітленості при штучному освітленні. Він базується на використанні таблиць, у яких наводяться коефіцієнти використання світлового потоку від світлових прорізів для п'яти точок у характерному розрізі приміщення [155, 156]. Метод призначений для розрахунків освітленості при верхньому і боковому природньому освітленні із світловими прорізами простих геометричних форм й із простими сонцезахисними й світлонапрямними пристроями, типу світлових полиць. За допомогою люмен-методу не можна виконати розрахунок бокового природнього освітлення, якщо світлові прорізи затінюються протилежними будинками.

Аналітичні методики розрахунку параметрів світлового середовища виробничих приміщень на нинішній час в Україні та світі є найбільш розповсюдженими при світлотехнічних розрахунках. В основу їх покладено закон проєкції тілесного кута та обчислення КПО [157, 158]. Це відношення представляє геометричне вираження коефіцієнта природної освітленості. На основі цього співвідношення розроблені та застосовуються [159-161] графічні способи розрахунку природного освітлення (графіки Данилюка та діаграми Уєлдрема), які широко поширені в проєктній практиці як у вигляді інженерних розрахунків так і програмних продуктів.

Програмні розробки початкових поколінь [162-164] є автоматизованими варіантами експрес-методів оцінки світлового середовища, або інженерних розрахунків. За останні роки все більше розповсюдження набуває застосування програм світлотехнічного розрахунку, в основі яких лежить більш складні моделі розрахунку [165-167]. За результатами проведеного нами порівняльного аналізу [168-175] (табл. 2.18) для побудови аналітичної моделі приміщення нами була обрана програма DIALux, розроблена DIAL GmbH — Німецьким Інститутом Прикладної світлотехніки.

Основні характеристики світлотехнічних програм

Назва програми світлотехнічного розрахунку	DIALux 5.12	Lightscape	3DViz	Relux 2024.1	Lightstar
Розповсюдження	безоплатне	платне	платне	платне	безоплатне
Можливість створення користувачем власної бази світильників	Так	Ні	Ні	Так	Так
Можливість вибору з декількох проєктів	Так	Так	Так	Так	Так
Рендерінг	Так	Так	Так	Так	Так
Складність в освоєнні та експлуатації	Легко	Складно	Складно	Середня складність	Легко
Можливість генерування робочої документації	Так	Ні	Ні	Так	Так
Обчислення основних розрахункових характеристик штучного освітлення	Так	Так	Так	Так	Так
Моделювання природнього освітлення	Так	Так	Так	Так	Ні
Підтримка форматів LDI, IES	LDI, IES	IES	IES	IES	Ні
Підтримка імпорту з форматів 3ds, dxf	dxf	3ds, dxf	3ds, dxf	3ds, dxf	dxf
Рівень можливостей у налаштуванні вбудованих бібліотек матеріалів та текстур/можливість створювати власні	середній	середній	високий	високий	середній
Створення анімованого відео	Так	Так	Так	Так	Ні
Налаштування розрахункових параметрів	Обмежені	Так	Так	Так	Обмежені
Можливість порівняння результатів з даними згідно нормативними документами	DIN, EN 12464	Відсутня	Відсутня	DIN, EN 12464	DIN, EN 12464

Вибір програми зумовлений наступними перевагами:

- безкоштовне розповсюдження;
- регулярне оновлення програмного коду розробником;
- надання безкоштовних бібліотек з моделями безпосередньо від розробників систем освітлення ;
- доступність використання на домашніх ПК;
- можливості програми дозволяють будувати моделі приміщень із складною геометрією в плані, враховувати розміщення меблів в робочому приміщенні, розрахувати вирогідність появи сонячного світла, будувати графіки інсоляції по місяцям та упродовж доби, будувати ізолінії рівня освітленості і робити тривимірні візуалізації освітлення робочих приміщень, на основі яких можна робити рекомендації, ґрунтуючись на нормативних даних

щодо можливості проведення робіт у приміщенні без залучання штучного освітлення, або схем змішаного освітлення.

Проведене нами дослідження дозволяє зробити висновок, що наведені групи методик дослідження, при послідовному застосуванні в цілому дозволяють дати якісну оцінку стан світлового середовища робочих приміщень і дати висновок щодо їх відповідності існуючим гігієнічним нормам. Але, вони не дозволяють дати оцінку комплексного впливу світлового середовища на безпеку життєдіяльності, працездатність та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану робітників [176].

2.4 Обґрунтування вибору методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих

Згідно проведеного нами дослідження, основним досліджуваним критерієм світлового середовища і його впливу на спостерігача в наведених дослідженнях обрана горизонтальна освітленість робочого місця, однак це не означає спрямованість досліджень лише на рівні освітленості у робочому приміщенні. Значну роль також грають характеристики освітлюваного середовища, сполучення природнього та штучного освітлення, характеристики освітлювальної установки тощо. Мозок людини може отримати і інтерпретувати 4 інформаційних ресурси з потоку візуальної інформації [177]: форму; рух, відтінок; колір. Для створення якісного світлоколірного середовища найбільше значення має зв'язок колірної реальності і колірного впливу, оптичного і психофізіологічного його значення. Знання про вплив світлоколірного середовища на людину, що спираються на об'єктивні параметри, відкриють можливість грамотного його використання. Дослідження [178] довели наявність ідентичної реакції зорового аналізатора на різні по спектральному складу і потужності світлові випромінювання. Таким чином, кожна людина є особливим об'єктом у дослідженнях впливу світлового середовища. Згідно чого, запропонована нами методика досліджень полягає у спостереженні суб'єктивних процесів з максимально можливою точністю

експерименту за допомогою об'єктивного (фізичного) інструментарію. У фізичних дослідах з метою зниження похибки виміру застосовується метод багаторазового повторення однакових дослідів із наступною статистичною обробкою результатів експериментів. За результатами аналізу досліджень впливу світлового середовища на спостерігача (розділ 1 пункт 1.3) нами були сформульовані вимоги до якісних моделей процесів світлового впливу на спостерігача. Однак, комплексних кількісних оцінок таких показників як тиск і пульс на сьогодні не здійснено. Згідно проведеного нами дослідження визначено, що оцінку роботи зорового аналізатора, особливо в його зв'язку з роботою інших систем людського організму, віднесено до класу складних досліджень. Урахування комплексного впливу світлового середовища на організм в цілому робить результати дослідження світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності з урахуванням впливу на безпеку праці, працездатність та фізіопсихологічний стан робітників найбільш достовірними. З огляду на описаний у розділі 2.1 алгоритм покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та зорового комфорту з урахуванням впливу природнього та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової точності нами була запропонована схема покрокового циклу оцінки безпеки праці, працездатності та фізіопсихологічного стану робітників з урахуванням впливу освітлення на безпеку виконання робіт зорової точності (рис. 2.8).



Рис. 2.8 Структурна модель проведення досліджень впливу світлового середовища на психофізіологічний стан людини: об'єкт впливу – працівник, що виконує зорові роботи високої зорової точності

Виходячи з розробленої нами схеми, ефективно оцінити ступінь впливу тих чи інших світлових чинників у біотехнічній системі «світлове середовище – людина» дозволяють 3 групи методик:

- Перша група методик визначає зворотний зв'язок організму на зовнішній подразник як прояв його реакції на стимул на фізичному рівні. Реєстрація сигналів зворотного зв'язку організму здійснюється фізіологічними апаратними або апаратно-програмними засобами. Нами були застосовані методи виміру зміни частоти серцебиття, та зміни показників артеріального тиску.

Перевагами цих методик є об'єктивність, швидкість отримання даних, можливість за невеликий час оцінити вплив великої кількості різних варіантів впливу світлових чинників або проводити довготривалий моніторинг до, під час та після робочої зміни. Недоліками є складність використання приладів вимірювання (таких, як вимірювач показників тиску, частоти серцебиття), складність інтерпретації результатів, неможливість прямого застосування отриманих результатів для визначення ступеню дії тих чи інших світлових чинників на безпосередньо на безпеку праці, працездатність, зоровий комфорт.

При проведенні досліджень для визначення реакції організму під час тривалого перебування у всвітловому просторі робочого середовища в якості відгуку організму реєстрували зміну показників систолічного та діастолічного артеріального тиску, частоти серцебиття.

- Друга група методик визначає зворотній зв'язок організму на зовнішній подразник як вплив психофізіологічного стану на сприйняття, мислення, увагу та зосередженість. Вказані вище процеси безпосередньо пов'язані з робочими задачами і для їх оцінки існують групи методик дослідження психічної діяльності та працеспроможності (табл. 2.19).

Наведена група методик оцінки має переваги у технічній простоті проведення, великій свободі варіювання експериментальних умов, можливості безпосередньо оцінити показники, які прямо впливають на

безпеку, працездатність та зоровий комфорт людини, не здійснюючи складних інтерпретацій великих масивів проміжних даних.

Табл. 2.19

Групи факторів, що зумовлюють психофізіологічний стан працівника при виконанні завдань

Група факторів	Складові	Одиниці вимірювання
Психофізіологічні «трудові»	Робоча поза, зручність виконання робіт,	бали
Нервово-психічне навантаження	Інтелектуальне, нервово-емоційне напруження	бали
Напруження зору	Розмір об'єкта розрізнення, контраст з фоном	категорія та підкатегорія зорової складності роботи
Монотонність трудового процесу	Рівень різноманітності праці	бали

При проведенні досліджень для визначення реакції організму під час тривалого перебування у візуальному просторі робочого середовища для оцінки рівня уваги та зосередженості нами була обрана коректурна проба (а саме: кільця Ландольта (випадковий набір кілець з розривами, спрямованими в різні сторони). Перевага цього тесту, що він відображає операторську діяльність з ПК чи відеотермінала і виводиться на монітор комп'ютера.

- Третя група методик базується базуються на методах соціопсихологічного самооцінювання. Для визначення рівнів безпеки, працездатності та зорового комфорту нами була обрана методика з використанням шкали оцінювання Лайкерта.

2.5 Моделювання зв'язку параметрів світлового середовища з параметрами сприймаючої біологічної системи

В основу розробленої методики дослідження впливу світлоколірного середовища на спостерігача покладено метод, який базується на принципах класичної «чорної скрині»[182]. Відповідно до [183-184] у дослідження нами введена додаткова комплексна система зворотного зв'язку, побудована на застосуванні приладів реєстрації і аналізу відгуку організму на світлове подразнення. У межах досліджень проаналізовано і визначено критерії

сприйняття світлоколірного середовища і обрано оптимальний вигляд зворотного зв'язку організму – найбільш сприятливі до світлового подразника системи організму. За аналізом розглянутих особливостей взаємодії цих систем при візуальному сприйнятті інформації нами вдосконалено структурну модель сприйняття світлового стимулу (рис. 2.9).

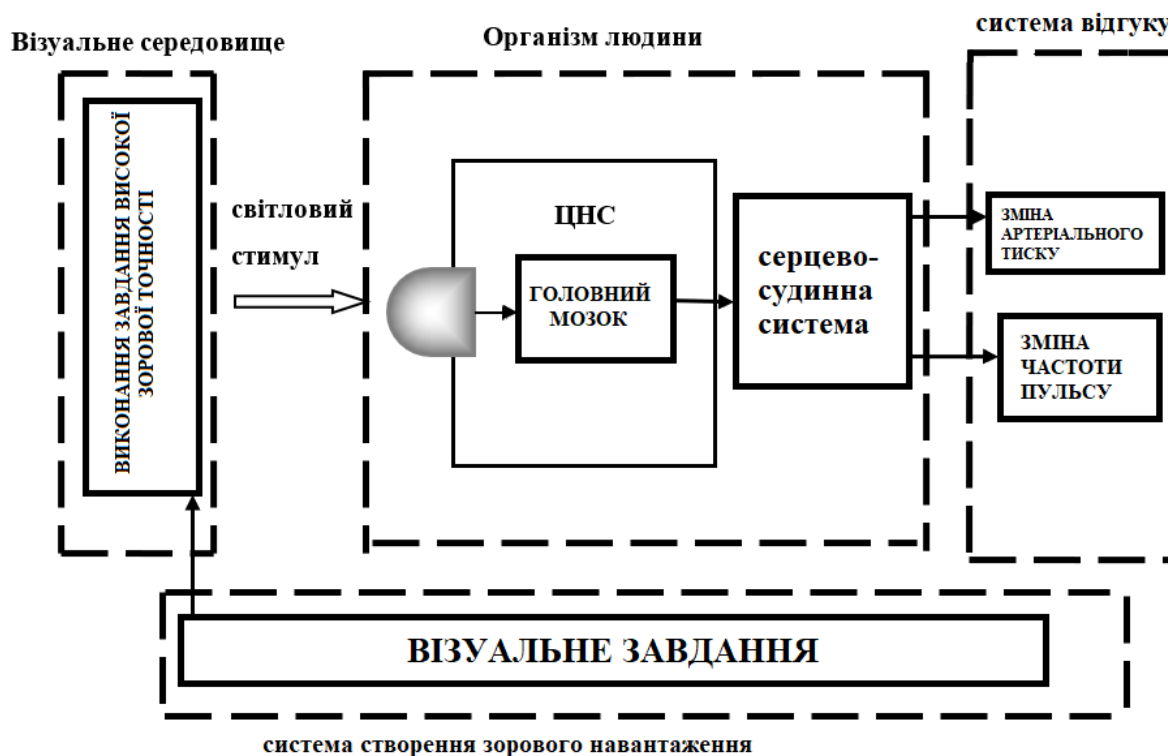


Рис. 2.9 Структурна схема дослідження

У ході досліджень нами застосовано системний аналіз, який розглядає зоровий аналізатор людини в нерозривному зв'язку з діяльністю центральної нервової системи, що регулює інші життєво важливі процеси в організмі, тобто знаходиться в нерозривному зв'язку із цими процесами.

Загальна модель експерименту має три основні частини:

- технічна частина і її параметри (система візуалізації зображення);
- біологічна частина (організм людини, як приймач випромінювання);
- система реєстрації відгуку організму на візуальний вплив.

З урахуванням закону Вебера-Фехнера, і основними інформаційними потоками [185], аналізованими мозком людини, відчуття, що виникають в організмі внаслідок світлового подразника можна представити у вигляді:

$$E = \{F, P, D, L\} \quad (2.8)$$

де F – апарат сприйняття і інтерпретації візуального навантаження,

P – апарат сприйняття і інтерпретації форми об'єктів,

D – апарат сприйняття і аналізу руху об'єктів,

L – апарат сприйняття співвідношення яскравостей об'єктів і фону.

Математична модель системи відгуку організму на світловий стимул є моделлю керування центральної нервової системи (ЦНС), що включає в себе барорецептори систолічного та діастолічного тиску крові $P_{cs}(t)$, $P_{aa}(t)$ та керування ЦНС серцевим ритмом $u(t)$, які можуть бути визначені як у спокійному стані, так і під час виконання роботи високої зорової точності. Таким чином, загальне подання моделі сприйняття і інтерпретації світлового стимулу має вигляд співвідношення:

$$E = \begin{bmatrix} P_{cs}(t), \\ P_{aa}(t), \\ u(t), \end{bmatrix} = \{F, P, D, L\} \quad (2.9)$$

При цьому кожний параметр фізіологічного відчуття $P_{cs}(t)$, $P_{aa}(t)$, $u(t)$ є функцією від системи $\{F, P, D, L\}$.

Під час моніторингу ураховувались вік працівника та година, під час якої проводилось тестування (рис. 2.10).

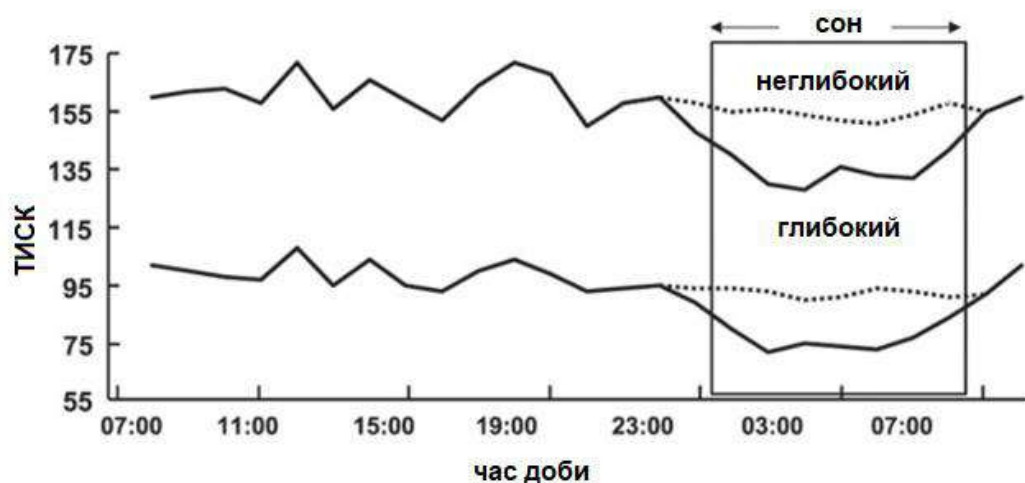


Рис. 2.10 Зміна показників систолічного та діастолічного тиску дорослої здорової людини (20-30 рр.) у спокійному стані протягом доби

У якості досліджуваної системи організму в структурі зворотного зв'язку експерименту впливу світлового середовища обрано серцево-судинну систему, що охоплює весь організм, і зміна діяльності якої впливає на багато процесів, що протікають в організмі людини. Крім того, згідно з [186, 187] зміни як рівня освітленості, так і колірної температури викликають механічні реакції тіла – такі як зміна епідермального опору, прискорення роботи серця, підвищення артеріального тиску. Для моніторингу серцево-судинної системи використані швидкість кровотоку до та після експерименту, а також реєстрація зміни артеріального тиску, що надало можливості визначення залежності роботи даної системи організму від змін параметрів світлового середовища.

Другий етап досліджень з комплексної оцінки умов праці з урахуванням параметрів світлового середовища базується на оцінці показників працеспроможності в різних системах освітлення за обраними методиками тестування психічної діяльності за показниками уваги, працездатності та зорового комфорту. Названі показники були обрані як найінформативніші для визначення характеристик працеспроможності.

Враховуючи швидкість та простоту оцінки впливу психологічного стану на рівень уваги та працеспроможності в умовах впливу на виконання робіт високої зорової точності на безпеку праці, була обрана методика коректурної проби.

Вказаний тест є однією з класичних методик, що застосовуються для усіх вікових груп і дозволяє оцінити швидкість переключення уваги, точність і обсяг уваги з урахуванням зорового сприйняття простору за допомогою коректурних таблиць на моніторі або паперовому носії.

Визначено, що зміст роботи робітників професій «проектувальники і конструктори» включає роботу з інформацією як на моніторі 50% та більше робочого часу. Тому дослідження працеспроможності проводилось з використанням коректурної проби «Кільця Ландольта» на моніторі.

На моніторі діагоналю 17” з роздільною здатністю 1600 x 900, частотою оновлення 60Гц та стандартною яскравістю 60-80 лк послідовно виводилось 5

листів тесту. Кожен тест складається з 30 рядків різних за комбінацією фігур (всього 2430 знаків). Найменший елемент розрізнення при цьому дорівнював 0.7-1 мм., що відповідає категорії точності хороших робіт Б-2 (ІІІ). Фрагмент тесту представлено на рис. 2.11.



Рис.2.11 Фрагмент листа коректурної проби: кільця Ландольта

Завдання полягало у знаходженні фігури певної форми, яка видавалась учаснику на початку тесту. На обробку кожної з 5 таблиць відводилось відводилось 120 секунд (2 хв.). По закінченню 2 хв. учасник переходив до наступної таблиці. Ітоговий результат дозволив в кінці роботи визначити профіль швидкості роботи в умовах високого зорового навантаження та запропонованих тестом умов високого напруження.

Експериментальні дослідження полягають у оцінці рівнів уваги, працеспроможності і втоми працівників (табл. 2.20) категорії «проектувальники і конструктори» різних вікових груп, що виконували зорову роботу високої точності в залежності від колірної температури змішаного освітлення та часу.

Таблиця 2.20

Базові показники коректурної проби (кільця Ландольта)

Показник	Позначення, одиниця вимірювання
Час, витрачений на виконання завдання	t, с
Загальна кількість знаків у таблиці	N, шт
Загальна кількість рядків	C, шт
Загальна кількість знаків, що мають бути викреслені	n, шт
Загальна кількість викреслених знаків	M, шт
Кількість коректно викреслених знаків	S, шт
Кількість пропущених знаків	P, шт
Кількість помилково викреслених знаків	O шт.

Як додатковий метод дослідження нами був обран метод самооцінювання працездатності та функціонального стану [188, 189] працівників з встановленням мікрокліматичних параметрів та параметрів світлового середовища у приміщеннях. Це дозволило визначити рівень їх задоволення, їх суб'єктивне відчуття освітленості, наявність як візуальних, так і невізуальних проблем на робочому місці, а також те, як ці фактори впливають на їхнє здоров'я та ефективність робіт.

Підставою використання цих методик є дослідження [190-195], які підтверджують дію фотобіологічного нездорового впливу світла на здоров'я працівників різних вікових груп, що виконують напружені зорові роботи.

На основі проведених досліджень нами вперше розроблена методика, яка дозволяє провести комплексну оцінку впливу світлового середовища на працівників, що виконують зорові роботи високої точності з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

Висновки до розділу 2:

1. На основі проведених нами досліджень та аналізу професій працівників за класифікатором ДК 003:2010 нами вперше запропоновано виділити групу працівників професій, що були визначені як споріднені за критерієм характеристики зорових робіт високої точності. В подальших дослідженнях цій групі професій нами було надано назву «проектувальники та конструктори».

2. Проведений нами аналіз міжнародних та національних актів, що нормують якість світлового середовища на робочих місцях та методик досліджень, що враховують якість світлового середовища, дозволяє встановити, що вони не в повній мірі враховують вимоги до світлового середовища в робочій зоні та на робочих місцях, в тому числі при виконанні робіт високої зорової точності.

3. Встановлено, що рекомендовані методики санітарно-гігієнічної оцінки якості світлового середовища не дозволяють в повній мірі оцінити вплив

світлових факторів на безпеку, працездатність та психофізіологічний стан працівників, з урахуванням індивідуальних особливостей та особливостей виробничого процесу.

4. Вперше при оцінці умов праці за фактором світлового середовища проведено обґрунтування та вибір критеріїв, що дозволяє якісно оцінювати вплив світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності.

5. Вперше запропоновано оцінку візуального середовища проводити за наступними критеріями:

- забезпечення безпеки з урахуванням впливу світлового середовища на фізичний та психофізіологічний стан працівників;
- зорової працездатності;
- зорового комфорту.

6 Вперше пропонується алгоритм покрокової оцінки якості освітлення у робочому приміщенні для оцінки компонентів світлового середовища з урахуванням впливу природного і штучного освітлення на безпеку, працездатність та психофізіологічну діяльність з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

7. Запропонований алгоритм передбачає виконання двох етапів:

- на 1 етапі проводиться дослідження параметрів світлового середовища, у приміщенні (або його проєкті) де виконуються (або мають виконуватись) зорові роботи високої точності. Параметри фіксуються та порівнюються з діючими гігієнічними нормами.

- на 2 етапі оцінюється вплив досліджених на етапі 1 середовища на безпеку праці, працездатність та зоровий комфорт робітників, що виконуватимуть у цьому приміщенні зорові роботи високої точності, з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

8. На першому етапі досліджень світлового середовища на робочих місцях з урахуванням міжнародної практики нами була визначена група методик оцінювання параметрів природного, штучного та змішаного

освітлення з застосуванням інструментальних, описових та аналітичних методів.

9. Розроблена структурна модель проведення досліджень впливу світлового середовища на психофізіологічний стан людини та проведено обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на працездатність, безпеку праці та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

10. Вперше запропонована структурна схема експериментальної установки яка дозволяє провести комплексну оцінку впливу світлового середовища на працівників, що виконують зорові роботи високої точності з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

11. На основі проведених досліджень та аналізу методик досліджень світлового середовища нами вперше розроблена комплексна методика, яка враховує одночасну оцінку впливу на безпеку, працездатність та психофізіологічний стан.

Список використаних джерел у розділі 2

У розділі 2 використані [87...192] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ ТОЧНОСТІ

3.1 Обґрунтування вибору експериментального приміщення та умов проведення експерименту

Враховуючи, що світлове середовище при виконанні робіт високої зорової точності категорією працівників «проектувальники та конструктори» відіграє першочергове значення, при проведенні дослідження нами було проведено обґрунтування вибору експериментального приміщення з урахуванням розміщення будівлі та впливу на її природню освітленість цілої низки факторів, а саме: географічна широта, характер рел'єфу місцевості, етажність і взаєморозташування навколишньої забудови, орієнтація фасадів по сторонам світу, пора року, час доби, рівень хмарності під час інструментальних вимірювань та обчислення КПО.

На ситуаційному плані (рис. 3.1) надана схема розміщення навколишніх будівель та будівлі з експериментальним приміщенням (Додаток Б).



Рис. 3.1 Ситуаційний план з розташуванням будівель за адресою:

Дніпро, вул. Архітектора Олега Петрова 24а

Обґрунтування експериментального приміщення та формування експериментальної групи інженерів і проєктувальників при проведенні дослідження впливу світлового середовища при виконанні робіт підвищеної зорової складності проводилось з урахуванням виконання робіт працівників в двох залах дипломного проєктування та макетування, що знаходяться за адресою: м. Дніпро, вул. Архітектора Олега Петрова 24а, ауд 451. Географічні координати розташування будівлі: 48.45382402103089 пш, 35.05376643862367 зд. Проведення досліджень відбувалось в двох експериментальних приміщеннях будівлі (рис. 3.2):

- зал №1, в якому працюють архітектори та, в тому числі, проєктувальники (студенти спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування» та 192 «Промислове та цивільне будівництво») виконують курсові та дипломні проєкти. В залі також проводяться лекції, семінари та презентації дипломних проєктів. Робота у залі проводиться як з використанням традиційних методів візуалізації матеріалу, так і з використанням медійних технологій.

- зал №2, призначений для макетування. Робота у приміщенні проводиться як за методами візуальної презентації проєктних рішень, об'єктів дизайну, проєктування та концепцій із традиційних макетних матеріалів, так і з використанням автоматів 3D друку для візуалізації.

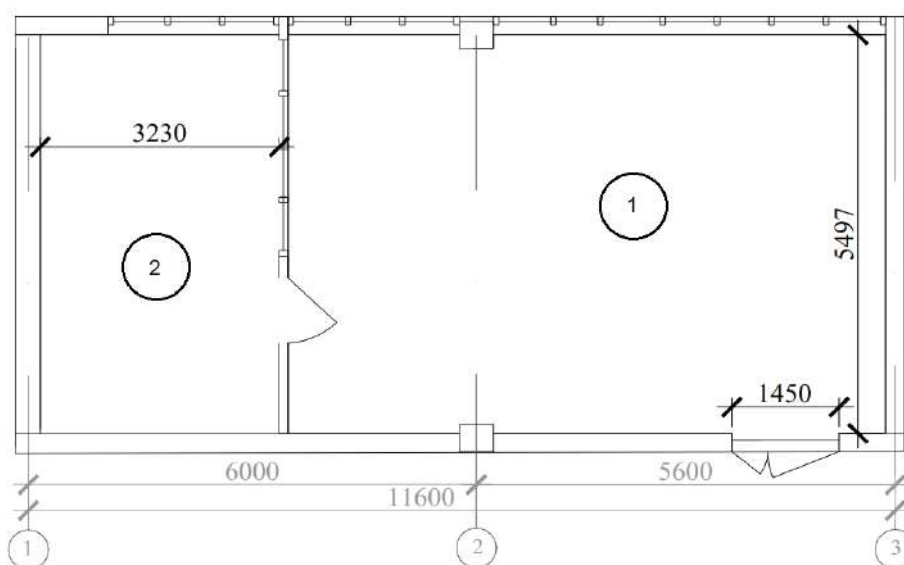


Рис. 3.2 План: 1 - зал дипломного проєктування; 2 – макетна

На рис. 3.3а наведено розміщення робочих місць у приміщенні 1 при проведенні лекційних занять, на рис. 3.3б - при роботі над кресленнями та макетами, під час роботи за ПК та проведення семінарських занять. Прилади, розміщені у приміщенні 2, наведені на рис. 3.4

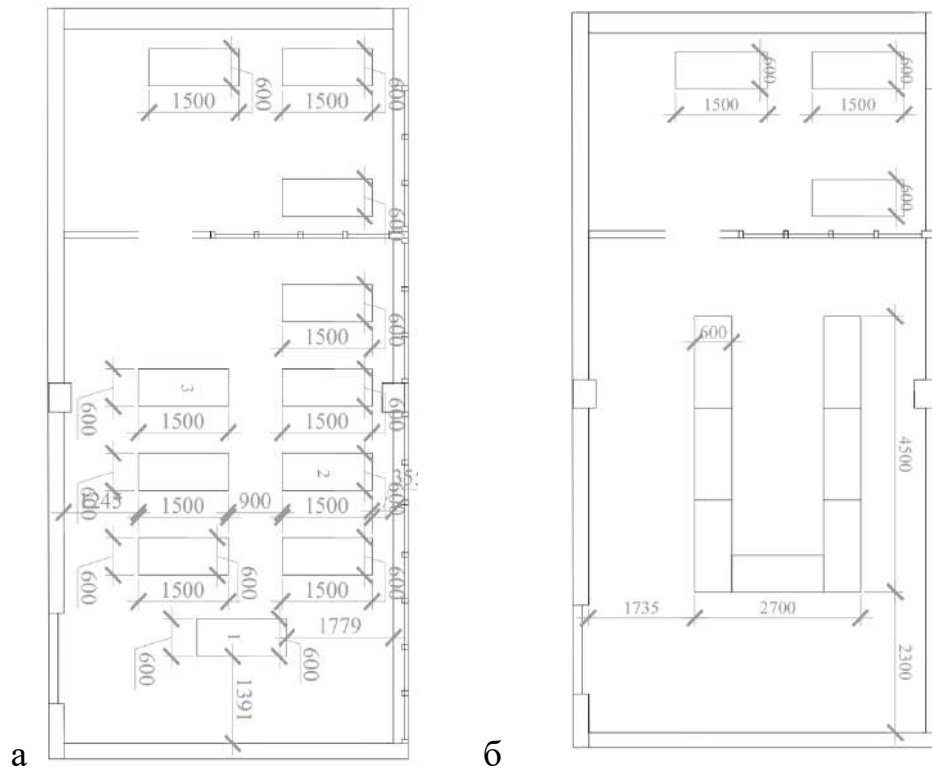


Рис. 3.3 Розміщення робочих місць у експериментальному приміщенні 1

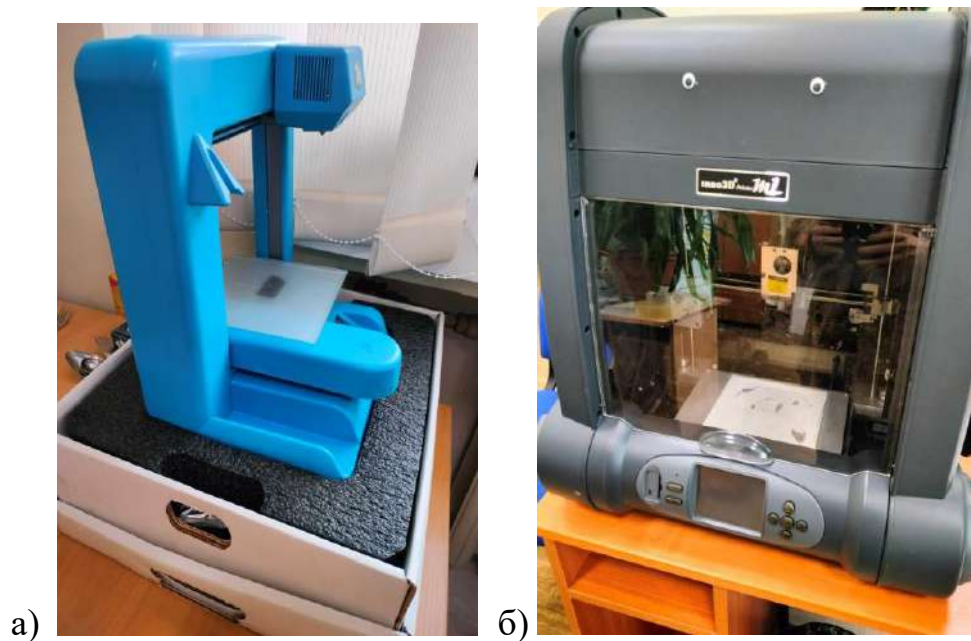


Рис. 3.4 а – автомат 3D друку, модель 3D SYSTEMS 382000-EU

б – автомат 3D друку, модель INNO 3D printer M1

При обґрунтуванні вибору експериментальних приміщень було визначено наступне:

- в приміщеннях № 1 та № 2 виконуються креслення і макетування, проводяться лекційні заняття. Розмір найменшого або еквівалентного об'єкта розрізнення на робочій поверхні складає від 0.3 до 0.7 мм. при малому або середньому контрасті об'єкта на світлому фоні при тривалості виконання зорової роботи не менш ніж 70% робочого часу, що відповідає діяльності виділеної нами категорії професій «проектувальники та конструктори» (розряд роботи Б2, роботи високої точності). Згідно ДБН В.2.5-28:2018 вказані роботи відносяться до робіт високої зорової точності.

- обидва приміщення знаходяться на 4 поверсі, орієнтація віконних отворів – північ-північ-схід, відстань до протилежної будівлі складає 40 м. при висоті будівлі 32 м., що характерно для більшості будівель в умовах міської забудови [196]. Приміщення не затінюються падаючою тінню від оточуючих будівель, що було враховано при оцінці рівня горизонтальної освітленості робочих місць у експериментальному приміщенні. Пряме сонячне освітлення відсутнє.

Бокове природне освітлення в обох приміщеннях забезпечується віконними отворами, заповненими віконним металопластиковим блоком: поліхлорвінілові однокамерні склопакети шириною 40 мм і двома шарами сілікатного прозорого скла товщиною 4 мм. Висота підвіконня 90 см. Світловий проріз не затінений протилежними будинками, орієнтований на північний захід,

Перегородка між приміщеннями (рис. 3.2) оздоблена прозорою вставкою із однокамерного склопакету шириною 30 мм.

В обох приміщеннях, як таких, що призначені для зорових робіт високої складності, упродовж робочого дня (з 8:00 до 16:00) передбачено загальне освітлення. Під час роботи у 2 зміну (після 16:00) освітлення штучне.

Механічні засоби регулювання освітленості від природнього світла (штори, внутрішні або наружні горизонтальні чи вертикальні жалюзі) у

приміщеннях відсутні. Дані про експериментальні приміщення приведені у табл. 3.1.

Табл. 3.1

Відомості про експериментальні приміщення

Географічні координати	48.45382402103089 пш, 35.05376643862367 зд	
Адреса	м. Дніпро, вул. Архітектора Олега Петрова 24а, ауд 451	
Поверх	4	
Висота над землею (м)	16	
Розміри в плані (м) та площа (м ²)	8.2 × 5.5 (45.1м ²)	2.5×5.5 (13.75 м ²)
Висота приміщення (м)	3.8	
Висота підвісу світильників Н _с (м)	3.75	
Висота робочої поверхні (м)	0,85	
Розміри світлоперерізів	7*1,5 м	2,2*1,5 м
Площа світлоперерізів (м ²)	16	4
Орієнтація віконних отворів	півн-півн-схід	
Відстань до протилежної будівлі	40 м	
Призначення приміщення	№1: зал дипломного проектування, лекційна аудиторія	№2: зал макетування, 3Д друку

Підвищення рівня освітленості та якості природнього світла забезпечується рядом архітектурно-проектувальних рішень:

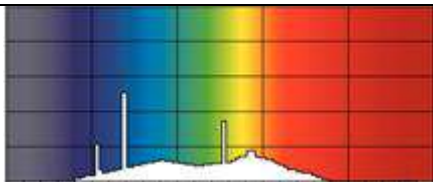
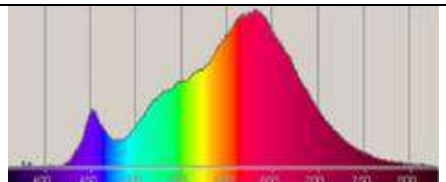
1. Глибина приміщення 5.5 м. забезпечує рівномірну природню освітленість.
2. Збільшена відносно площі підлоги площа вікон.
3. Орієнтація вікон приміщень на північ-північ-схід дозволяє забезпечує холодне розсіяне природнє освітлення без прямих відблисків.
4. Затінення від протилежної будівлі та зелених насаджень відсутнє.
5. Вставка із скла у перегородці між приміщеннями дозволяє підвищити рівень природнього освітлення за рахунок розширення кута отвору.

Для проведення вимірів характеристик світлового середовища з урахуванням виконання робіт високої зорової складності були визначені

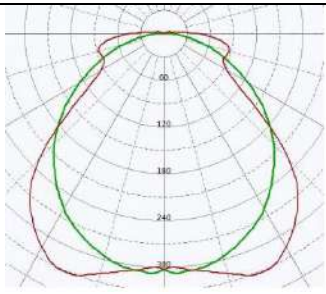
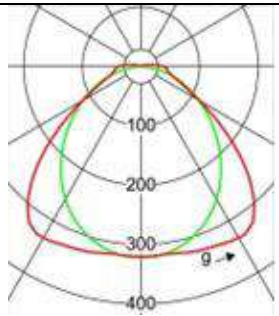
наступні дані: тип світильників; параметри їх розміщення; стан світильників (забруднення, укомплектованість відбивачами, решітками, розсіювачами, ущільнювачами і т.д.); тип ламп (для оцінки відповідності вимогам норм безпеки світильника та розрахунку фактичного значення освітленості). У якості джерел штучного освітлення на основі виконаного нами аналізу ефективності джерел освітлення (розділ 1) використовували ОУ з лампами люмінесцентними PHILIPS TL-D 18W/54-765 та лампами світлодіодними WT120C G2 LED19S/840 PSU L600 [197]. Технічні характеристики ламп наведені у табл. 3.2.

Табл. 3.2

Порівняння технічних характеристик ламп PHILIPS TL-D 18W/54-765
та Philips-WT120C G2 PSU L1200 LED19S/840

Виробник	Philips	Philips
Тип	Газорозрядна (люмінесцентна) лампа низького тиску	Лінійна світлодіодна лампа
Серія	TL-D	WT
Призначення	побутові, складські, офісні приміщення	побутові, складські, офісні приміщення
Номінальна робоча напруга, В	220..240	220..240
Номінальна частота, Гц	50/60	50/60
Номінальна потужність, Вт (еквівалент)	18	15
Цоколь	G13	LED модуль
Колірна температура (К), позначення кольору	6500 Холодне світло	4100 Нейтральне денне світло
Індекс колірної передачі	75	80
Колірний код	765	765
Фотометричні характеристики (спектральна потужність, Вт/лм в залежності від довжини хвилі, нм)		
Світловий потік, лм	2500	4000

Продовження табл. 3.2

Полярна діаграма інтенсивності світильника (cd/1000)lm L.O.R. 1.0 		
Термін роботи, год.	13000	50000

Світильники було обрано з урахуванням результатів порівняльного аналізу (див. розділ 1), згідно якого дані моделі є:

1. найбільш ефективними у своєму класі;
2. економічними;
3. поширеними у використанні в світовій практиці та в Україні для освітлення робочих та громадських приміщень, у яких виконують роботи проєктувальники та конструктори.

Кількість світильників: 12. Розміщення на стелі полем. Схему розташування світильників у приміщеннях 1 та 2 наведено на рис. 3.5.

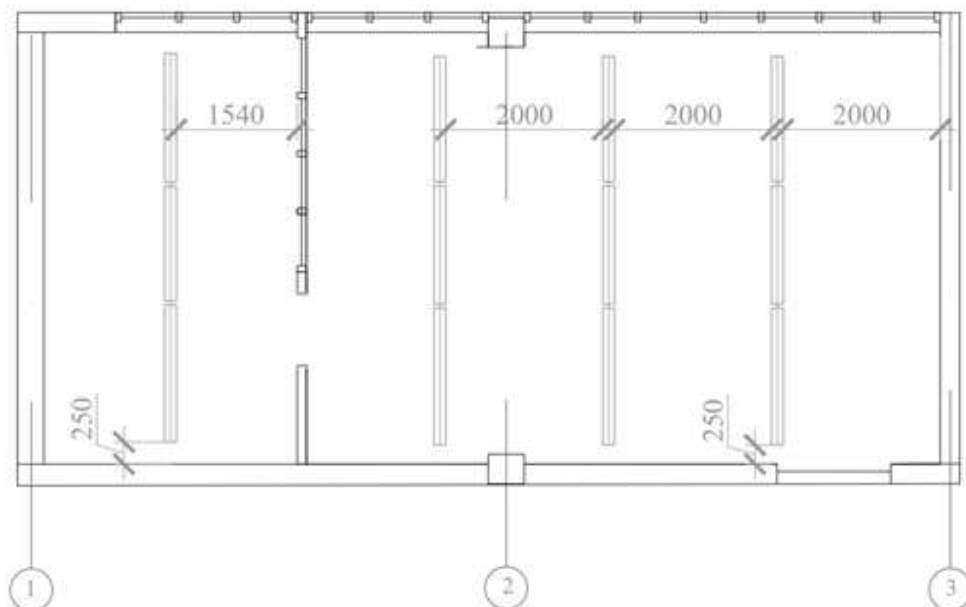


Рис. 3.5 Розміщення світильників на стелях експериментальних приміщень №1 та №2

В експериментальному приміщенні дослідження впливу світлового середовища на психофізіологічний стан працівників праці проводились з урахуванням:

1. природного освітлення;
2. штучного освітлення;
3. суміщеного освітлення.

На першій стадії дослідження для визначення рівнів розподілу природнього та суміщеного освітлення в експериментальному приміщенні (рис. 3.6.) та отримання складової штучної освітленості робочого місця, використовували:

1. інструментальні вимірювання горизонтальної освітленості та обчислення КПО;
2. математичне моделювання з програмним забезпеченням DIALux, за допомогою якої моделювались обидва експериментальні приміщення (рис. 3.7., рис. 3.8).



Рис. 3.6 Загальний вигляд експериментального приміщення 1 з розстановкою меблів для проведення практичних занять та макетування

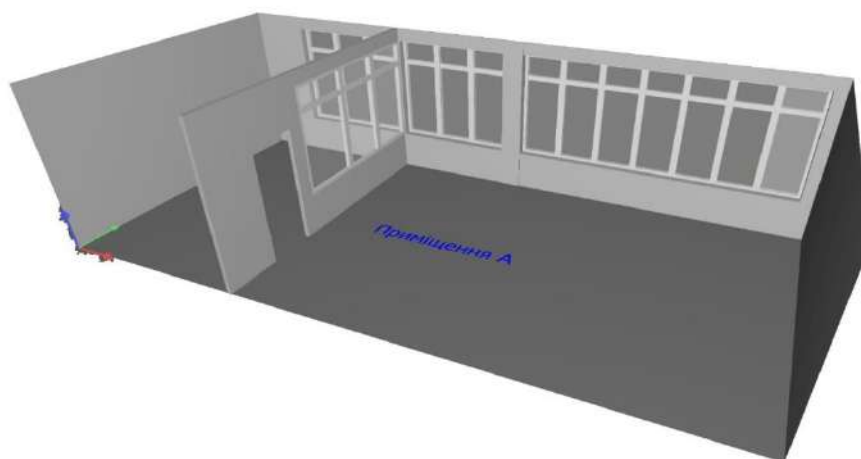


Рис. 3.7 Загальний вигляд моделі експериментальних приміщень в режимі спрощеного розрахунку (без меблів).

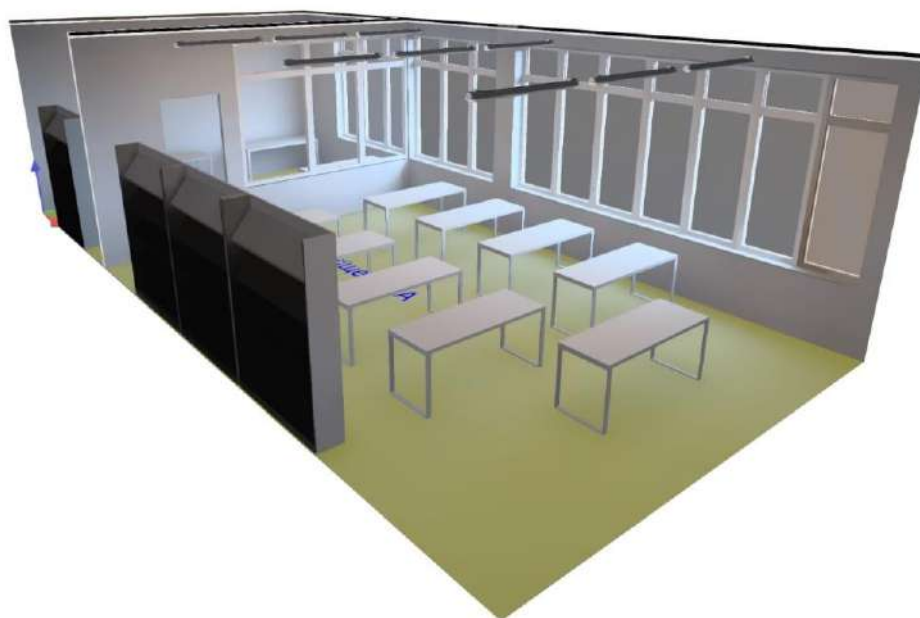


Рис. 3.8 Загальний вигляд моделі експериментальних приміщень з розстановкою меблів та світільниками

На основі результатів обмірів експериментальних приміщень та інших вхідних даних (табл.3.1) на базі програмного забезпечення DIALux 5.12 були отримані результати світлотехнічного розрахунку та вихідна документація (рис 3.9.) КПО та рівень горизонтальної освітленості для експериментальних приміщень визначались для дати 23 вересня та 06 січня в умовах суцільної захмареності для приміщення без меблів (рис 3.7) та з меблями (робочі столи, шафи, рис. 3.8).

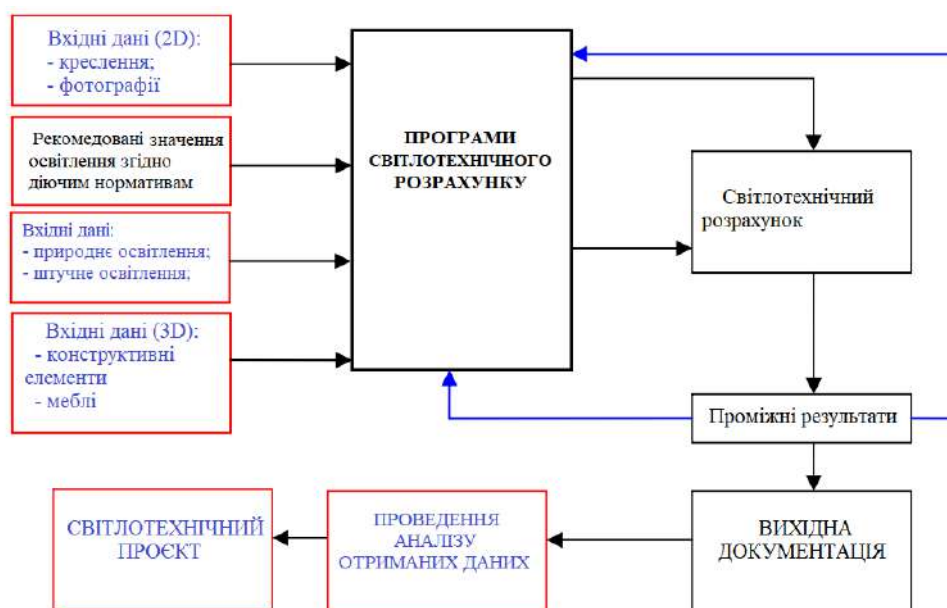


Рис. 3.9 Принципова схема використання програм світлотехнічного розрахунку при проектування та реконструкції внутрішніх приміщень

Необхідно було визначити діапазон рівнів природньої та штучної освітленості, рівня зорового дискомфорту та їх вплив на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан з урахуванням впливу умов візуального середовища. Місяці для проведення інструментальних вимірювань (вересень, квітень, грудень) обрані для проведення експерименту з урахуванням:

- умов для вимірювання КПО (згідно [103]), для об'єктів, що знаходяться нижче на 45^0 північної широти наявність суцільної хмарності не є обов'язковою умовою, але її наявність підвищує достовірність результатів інструментального вимірювання);
- сезонного (холодна пора року) зниження соняшної активності, яка впливає на фізіологічний стан людей.
- величини соняшної активності у вересні та квітні наближені до середнорічних, у той час як результати лютого можна вважати за мінімальні (Розділ 2, табл. 2.7).

Перед початком вимірювань вимірювався рівень напруги в мережі. Рівень напруги в мережі коливався у межах 219-225 В (відхилення менше 5%).

Освітлювальні прилади вмикались за не менше ніж за 5 хвилин до початку експерименту для отримання стійкого світлового потоку.

Перед початком вимірювань проводилась оцінка мікрокліматичних умов в експериментальних приміщеннях. Проведення експерименту відбувалось в допустимих для робіт легкої категорії мікрокліматичних умовах. Умови початку проведення експерименту: температура $t=+17-19^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $\varphi=50-60\%$. Пряме соняшне освітлення відсутнє. Пряма та відбита блискавість відсутня. Огороджувальні поверхні світлих тонів з коефіцієнтами відбиття стелі $\rho_{\text{ст}} = 0,8$ (побілена матова поверхня), стіни у приміщенні 1 $\rho_{\text{стн1}} = 0,7$ (побілені), у приміщенні 2 $\rho_{\text{стн2}} = 0,5$ (фарбування водоемульсійною фарбою світлого кольору), підлоги $\rho_{\text{п}} = 0,30$ (світлий лінолеум). У приміщенні розташовуються робочі столи та шафи з коефіцієнтом відбиття $\rho = 0,30$, інше обладнання відсутнє.

Дні для проведення інструментальних вимірювань обирались з урахуванням моделювання КПО для небесної сфери із рівномірним рівнем освітленості з кожної точки небосхилу. Їй відповідають умови захмареності 8-10 балів (похмура погода). Затінення від крон дерев відсутнє. Згідно з кліматичними спостереженнями за 1949-2013 рр. у м. Дніпро (табл. 3.3) за рік у середньому 115 похмірих днів, з найбільшою вигодою високої захмареності вище, ніж 7 балів у період з листопад по лютий місяць [191].

Табл. 3.3

Відомості про кліматичні характеристики м. Дніпро за 1949-2013 рр. спостереження

Місяць	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	рік
Ясних днів	2	3	3	3	3	4	3	5	7	5	2	2	47
Хмарних днів	13	12	16	19	22	23	24	20	18	17	12	10	203
Похмурих днів	18	14	12	8	5	4	2	3	5	9	16	19	115
Загальна хмарність, балів	7.5	7.1	6.5	6.0	5.3	5.3	4.5	4.0	4.7	5.6	7.2	7.8	6.0

За допомогою онлайн калькулятора енергетичних розрахунків PVWatts [192] нами були розрахована кількість сонячної енергії (КВт*год), яка

приходиться на віконні пройоми (площа 20 м², азимут 315) в середньому на день та на місяць. Результати розрахунків наведені у порівнянні з даним по середньодобовій соняшній енергії для півдня України [193] показують, що розбіжність у кількості енергії, що отримує приміщення, з середньомісячними показниками, відбувається у місяці з найбільшою кількістю ясних днів і низьким рівнем захмареності (рис. 3.10)

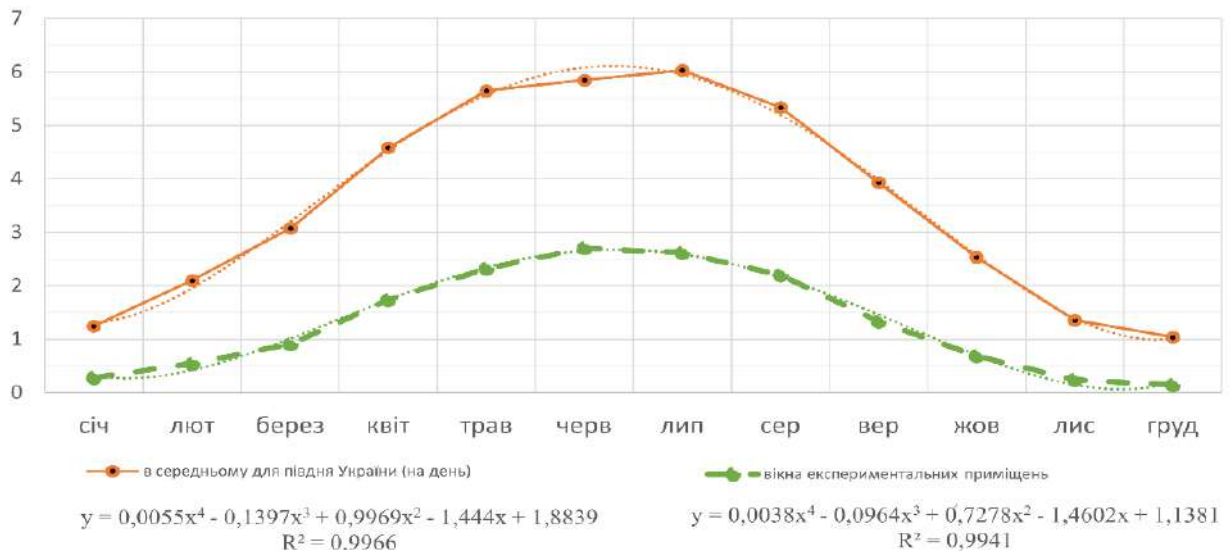


Рис. 3.10 Порівняння середньої кількості енергії сонця (кВт/м²) на день в залежності від пори року для півдня України та кількості соняшної енергії в віконних пройомах експериментальних приміщень.

Інструментальні вимірювання рівнів КПО та горизонтальної освітленості у експериментальних приміщеннях проводились за допомогою лайтметрів FLUS MT-912 та Testo 440. Математична модель приміщень була створена на базі програми DiaLUX EVO 5.1 з використанням ПК Intel i7 4,2 Гц ОЗУ 16МБ DDR 500 GB

3.2 Проведення інструментального дослідження КПО та рівня горизонтальної освітленості в експериментальних приміщеннях

Для знаходження числа контрольних точок для вимірювання КПО в двох приміщеннях було обчислено індекс приміщення і формула (1) згідно [19]:

$$i = (a \cdot b) / H^* (a - b) \quad (3.1)$$

де a — довжина приміщення

b – ширина приміщення

H_c – висота підвісу світильників

Для експериментальних приміщень 1 та 2 отримані індекси приміщень i_1 та i_2 :

$$i_1 = (8.2 \cdot 5.5) / 3.75(8.2 + 5.5) = 0.87 \quad (3.2)$$

$$i_2 = (5.5 \cdot 2.5) / 3.75(5.5 + 2.5) = 0.45 \quad (3.3)$$

Для обох приміщень $i < 1$, а тому, відповідно до норм проведення інструментальних світлотехнічних вимірювань [103, табл. 2], для приміщень 1 та 2 кількість контрольних точок вимірювання має бути не менше 4. Для приміщення 1 була обрана кількість точок інструментального вимірювання 16, для приміщення 2 – 8 точок з кроком сітки 1.5 на 2 м. для приміщення 1 і 1.5 на 1.2 м. для приміщення 2 (рис. 3.11).

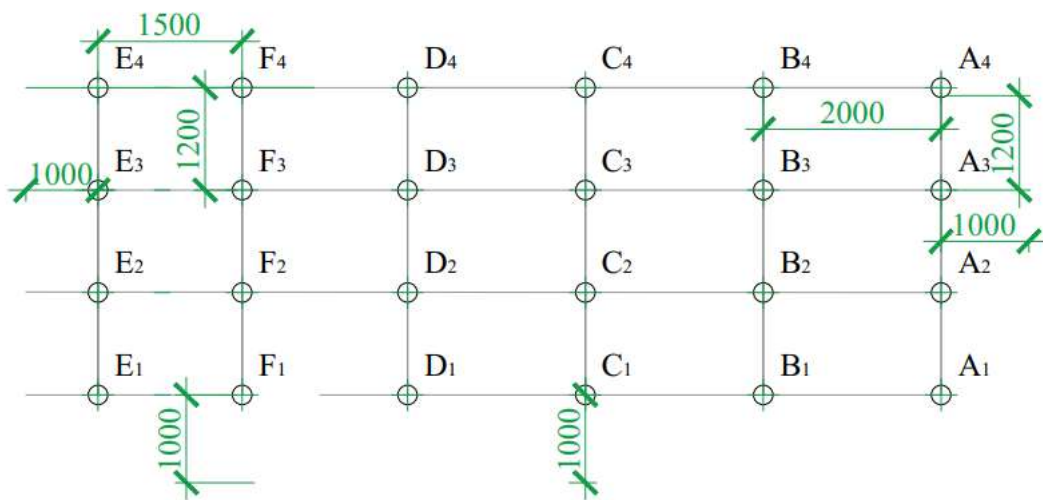


Рис. 3.11 Сітка контрольних точок вимірювання значень горизонтальної освітленості та КЕО для приміщень 1 та 2

Відступ контрольних точок вимірювання від огорожуючих конструкцій 1 м., що відповідає нормам інструментальних вимірювань для робочих та житлових приміщень. Висота розміщення контрольних точок вимірювання відносно підлоги 0.8 м. Висота робочих поверхонь – 0.72 м (рис. 3.12).

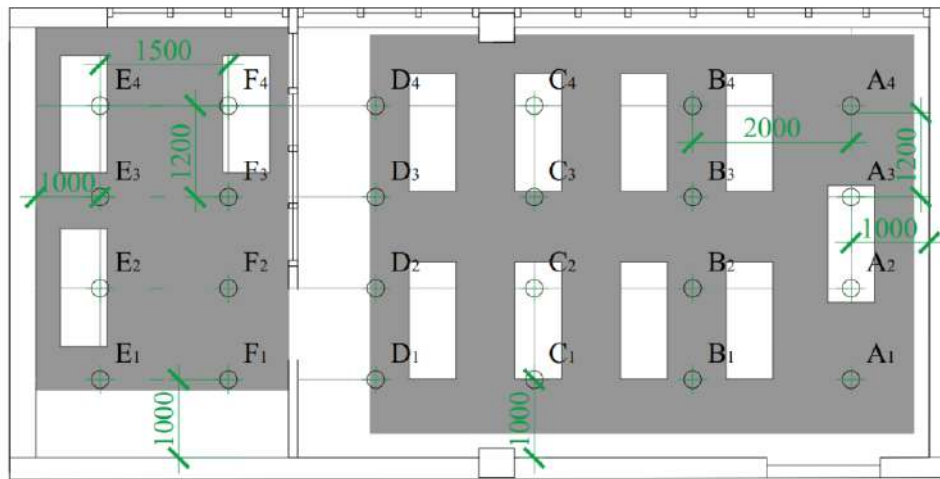


Рис. 3.12 Розміщення контрольних точок вимірювання значень горизонтальної освітленості та КЕО відносно робочих місць у приміщеннях 1 та 2

Рівень відповідності рівня КПО та горизонтальної освітленості нормам визначався для робочих місць 1-12 (рис. 3.13), де проводяться зорові роботи високої складності і нормувався згідно DIN:18599-4 [194] та ДБН В.2.5-28:2018.

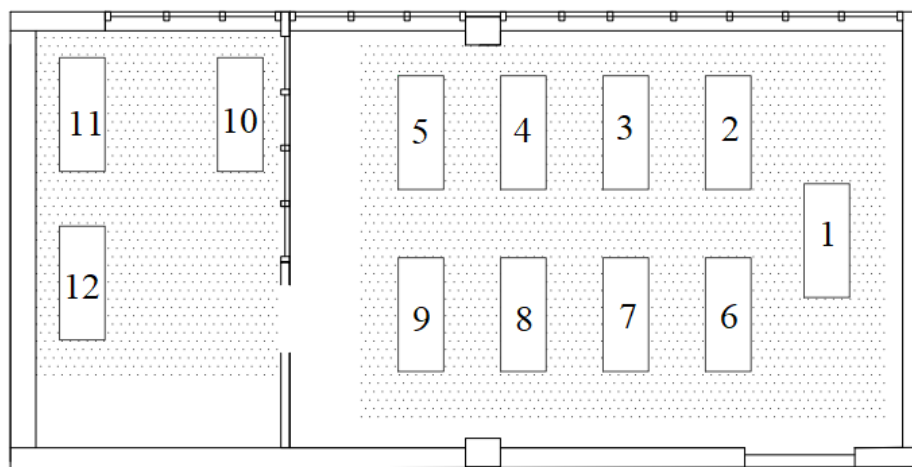


Рис. 3.13. Робочі місця 1-12, для яких вимірювались рівні КПО, горизонтального освітлення та дискомфортної блискості. Умовні позначення:

 – робоча зона:
  – зона оточення
 (не менше за 0.5 м. від робочої зони).

Умови інструментальних вимірювань (суцільна захмареність для визначення горизонтальної освітленості та КПО (табл/ 3.4) відповідають вимогам ДБН В.2.5-28:2018, де внесок прямого сонячного світла в утворенні

освітленості не враховується, а природня освітленість розглядається як така, що генерується небесною напівсферою з суцільною захмареністю (див. с. 81).

Таблиця 3.4

Умови інструментальних вимірювань у експериментальних приміщеннях 1 і 2

Дата проведення вимірювання	Час вимірювання	Прилади, що використовувались	Температура повітря приміщення, t °C	Відносна вологість ф, %	Рівень напруги у мережі, В	Характер та рівень захмареності неба, бали
22.10.2022	9:30–11:00	Testo 440	17	50	220-225	Суцільна 7-8
06.01.2023	10:00–11:00	FLUS MT-912, Testo 440	18-19	50	219-220	Суцільна, 9
04.04.2023	10:25–11:30	FLUS MT-912, Testo 440	18	60	220	Хмарно з проясненнями, 5-6
23.09.2023	10:10–12:00	FLUS MT-912, Testo 440	17	60	219-222	Суцільна, 8

Результати інструментальних вимірювань горизонтальної освітленості для та обчислених на їх основі КПО зафіксовані і обраховані за допомогою програмного середовища Excel (Додаток В).

Обчислення характеристик отриманих на основі емпіричних вимірювань представляє собою обмежений ряд $x_1, x_2, \dots, x_n$ випадкової величини ξ . Середнє значення досліджуваної ознаки визначається за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, i = \overline{1, n} \quad (3.4)$$

Де $\bar{x}$ є емпіричним, або вибіркоvim середнім.

На основі обчисленого середнього визначається відхилення кожного спостереження d_i від середнього:

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (3.5)$$

На основі величин відхилень кожного спостереження нами була обчислена величина дисперсії S^2 :

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.6)$$

Оцінка має відповідати критеріям здатності, незміщувності і ефективності. Оцінка параметра є здатною, якщо при збільшенні числа спостережень n (т.е. при $n \rightarrow N$, у випадку інструментальних вимірювань, результати яких є кінцевою генеральною сукупністю) оцінка стремиться до оцінюваного теоретичного значення параметра. Оцінка параметра є незміщеною, якщо при будь-якій кількості спостережень n її математичне очікування точно дорівнює значенню параметра, який оцінюється. її математическое ожидание точно равно значению оцениваемого параметра. Оцінка задовільняє критерію незміщеності, якщо систематична похибка при збільшенні кількості спостережень $n \rightarrow \infty$ стремиться до нуля. Оцінка параметра зветься ефективною, якщо серед інших оцінок того ж параметра вона має найменшу дисперсію. При обраному нами способі оцінки дисперсія S^2 буде дорівнювати σ^2/n і буде мало схильна до коливань навколо невідомого дійсного значення параметра, що оцінюється. Це є особливо важливим при невеликій кількості спостережень n ($n = 3$ для кожного приладу вимірювання). Таким чином, обраний нами метод теоретичного середнього при статистичній оцінці ряду отриманих емпіричних значень є здатним, незміщеним та ефективним.

Різниця рівнів горизонтальної освітленості на контрольних точках для 06.01.2023 та 23.09.2023 (рис. 3.14).

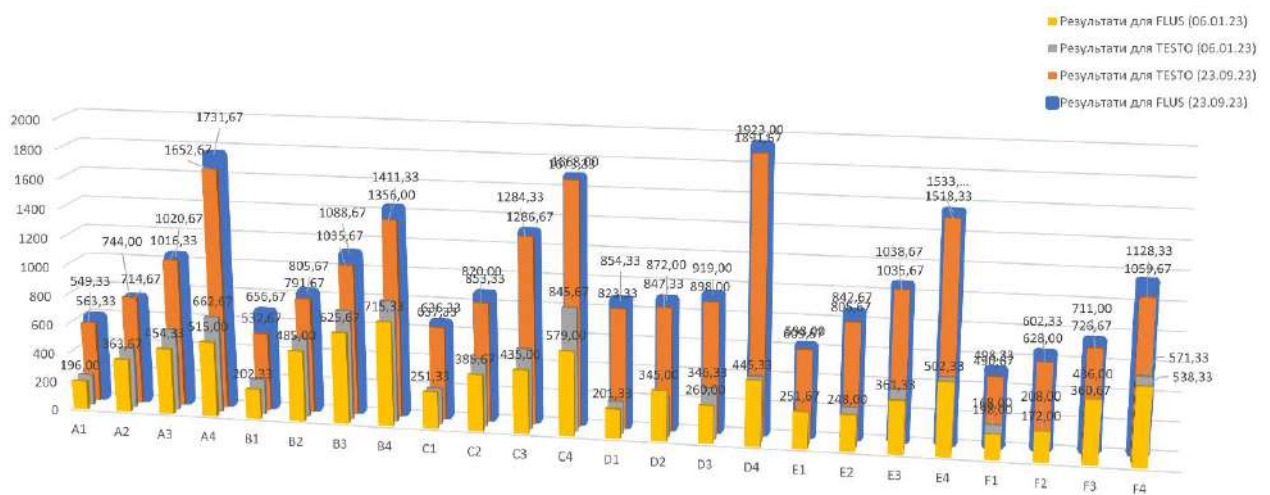
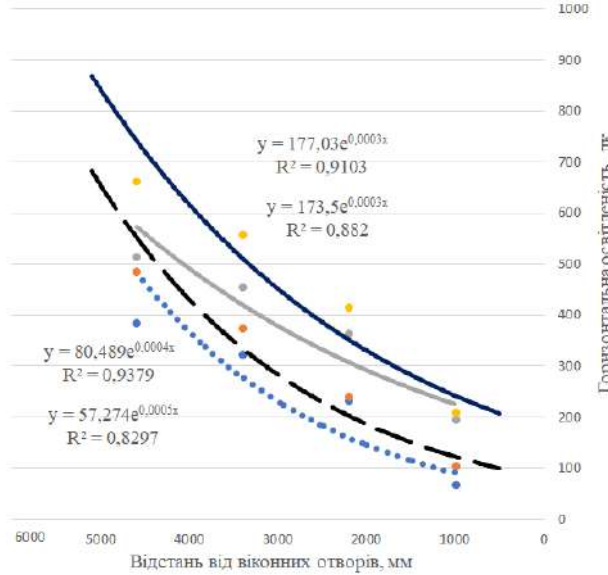


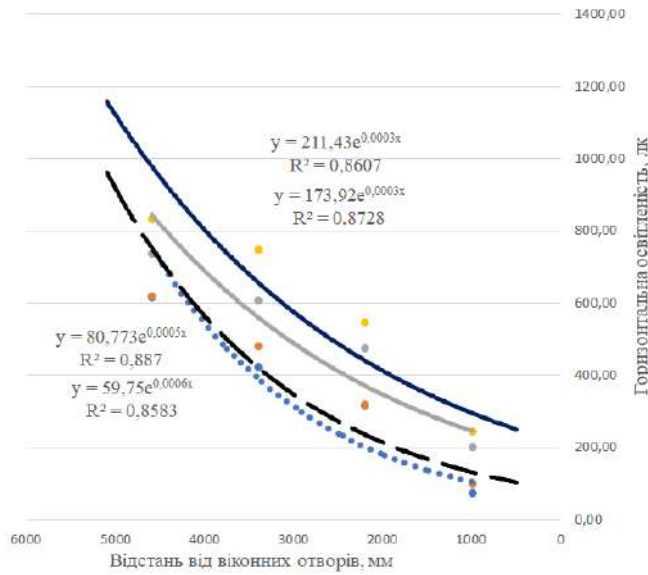
Рис. 3.14 Рівні горизонтальної освітленості на контрольних точках експериментальних приміщень 1 та 2 для 06.01.2023 та 23.09.2023

Результати значень горизонтальної освітленості у експериментальному приміщенні 1 станом на 06.01.2023 та 23.09.23 наведені на рис. 3.15 та рис. 3.16.

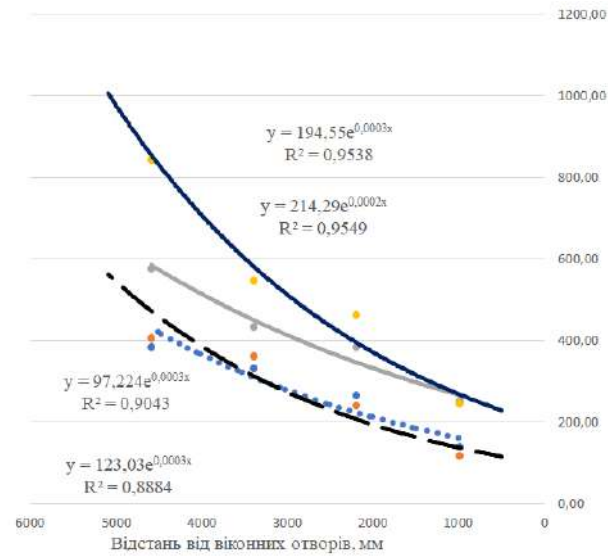
Ряд А



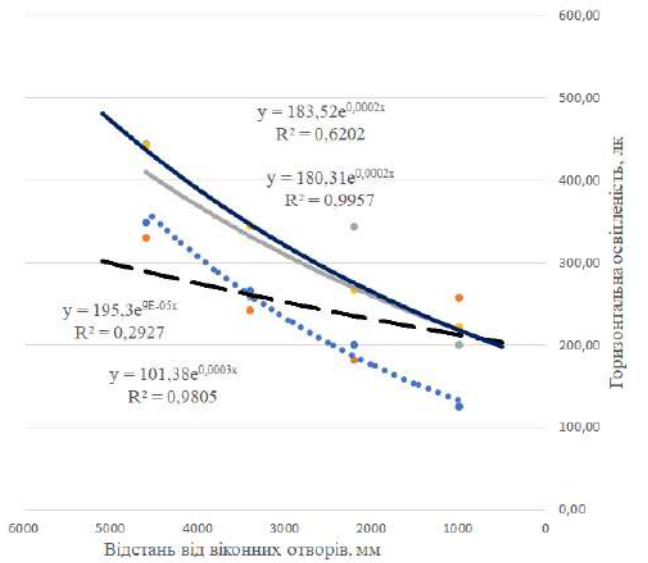
Ряд В



Ряд С



Ряд D



Умовні позначення:



Рис. 3.15 Рівні горизонтальної освітленості для природнього і суміщеного освітлення експериментального приміщення 1 (ряди А-Д) для 06 січня 2023 р.

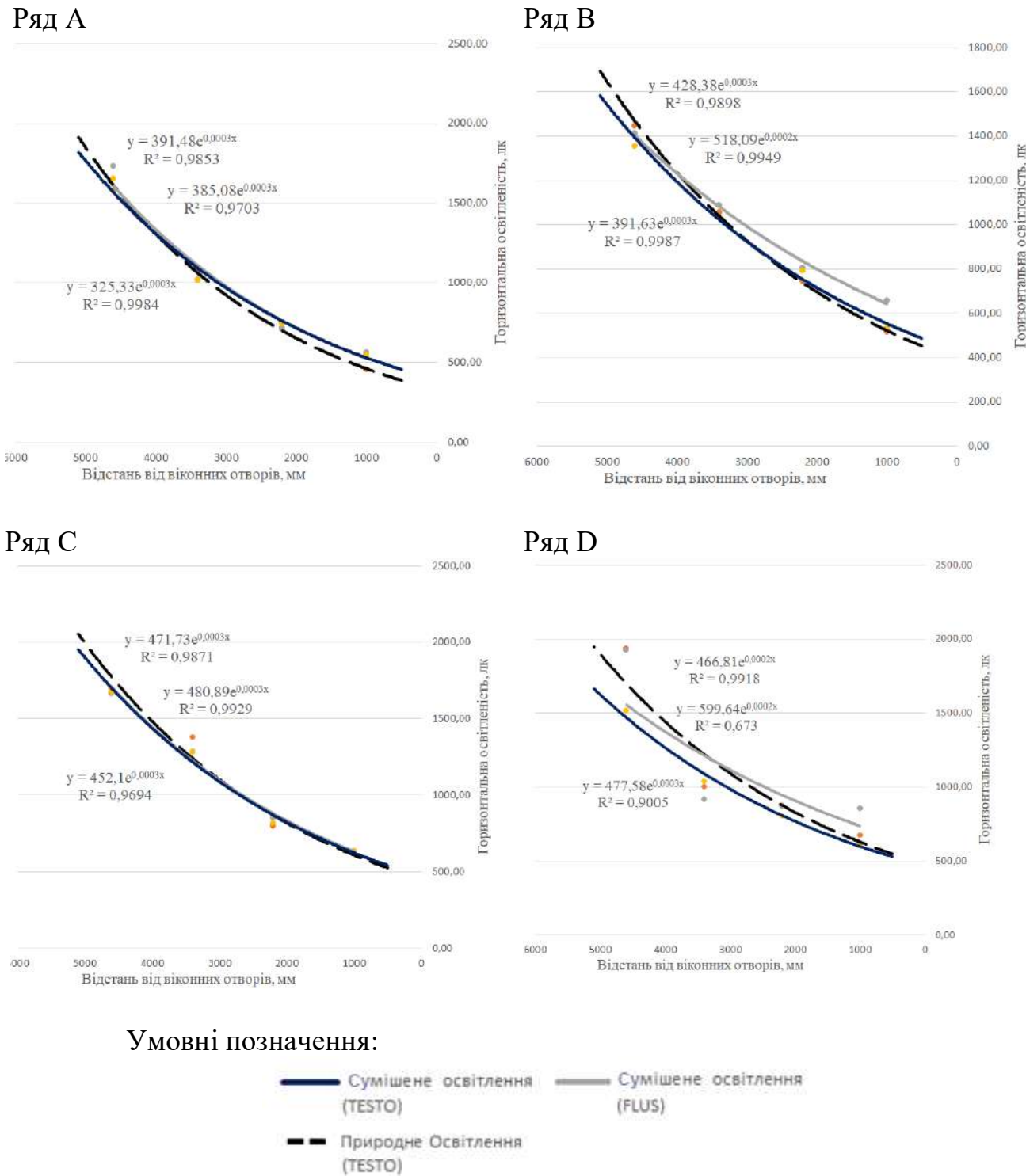
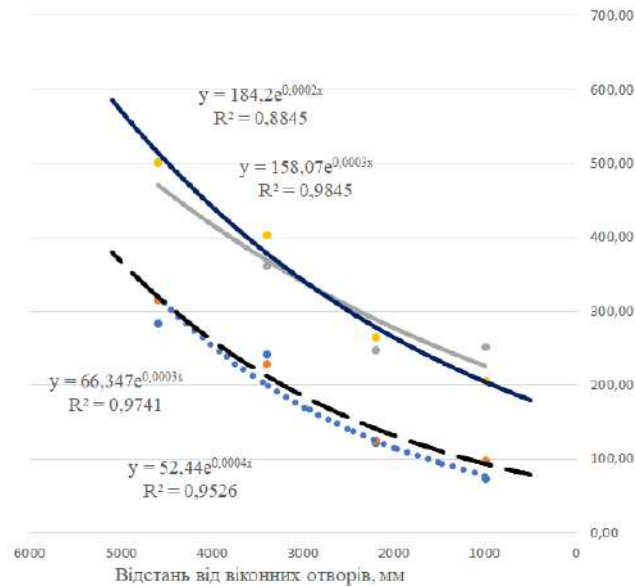


Рис. 3.16 Значення горизонтальної освітленості експериментального приміщення 1 (ряди А-D) для 23 вересня 2023 р.

Результати значень горизонтальної освітленості у експериментальному приміщенні 2 станом на 06.01.2023 та 23.09.23 наведені на рис. 3.17 та рис. 3.18.

Ряд Е



Ряд F

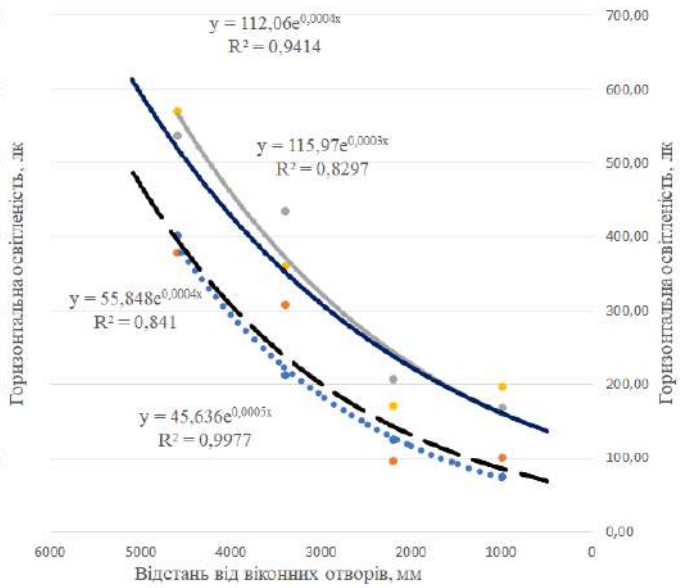
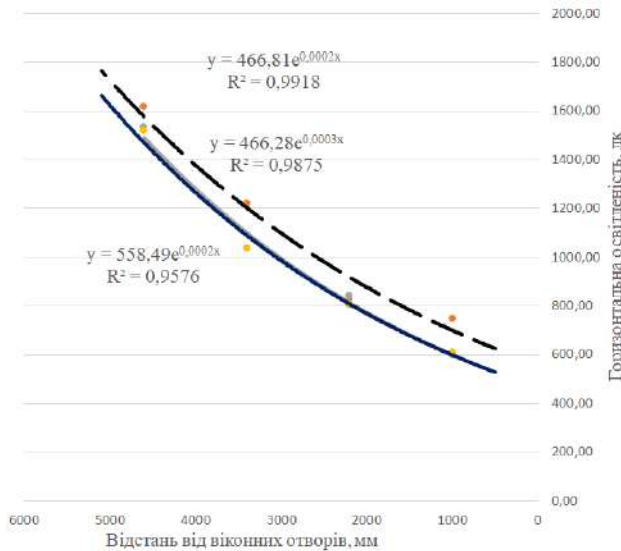


Рис. 3.17 Значення горизонтальної освітленості для природнього і суміщеного освітлення експериментального приміщення 2 (ряди Е-Ф) для 06 січня 2023 р.

Ряд Е



Ряд F

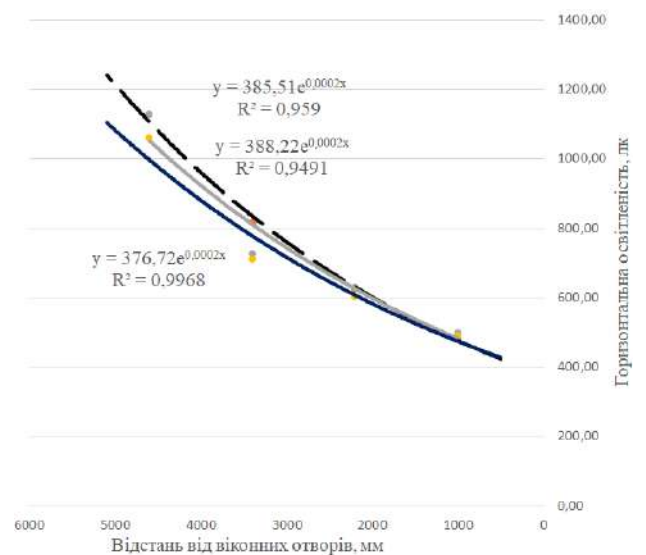


Рис. 3.18 Значення горизонтальної освітленості для природнього і суміщеного освітлення експериментального приміщення 2 (ряди Е-Ф) для 22 вересня 2023 р.

Визначено, що похибка інструментальних вимірювань δ при використанні 2 люксметрів при цьому не перевищує 10 %, а тому результати вважаємо дійсними:

$$\delta = \delta_v + \delta_{пр} = \pm 8.5\% \quad (3.7)$$

де δ_v – відносна похибка інструментальних вимірювань (не перевищує $\pm 4.5\%$)

$\delta_{пр}$ – відносна похибка приладу (за паспортом приладів: $\pm 3\%$)

На основі апроксимації отриманих результатів вимірювання нами визначено, що для визначення рівня горизонтальної суміщеної освітленості (табл. 3.5) найбільш близькою виявилась експоненціальна функція вигляду (3.8):

$$f(x) = ae^{bx} \quad (3.8)$$

де a – константа у межах характерного перерізу, що залежить від початкових значень сонячної енергії у день проведення вимірювань та сили штучного освітлення.

b – константа у межах значень 0,0002-0,0005 і залежить як від загальних характеристик експериментального приміщення (характеристики світловідбиття великих поверхонь, співвідношення висоти приміщення до стелі) так і від особливостей характерного перерізу (наявність перешкод на шляху світла, що створюється огорожуючими конструкціями та меблями).

Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт детермінації) R^2 (Додаток В) обчислюється як відношення суми квадратів відхилень обумовлених регресією до загальної суми квадратів відхилень залежної змінної від середнього значення (3.9):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.9)$$

У статистиці $R^2 > 0.8$ показує ступінь достовірності апроксимації.

На основі порівняння рівнів достовірності функцій для рядів експериментальних приміщень (табл. 3.5) нами був отриман результат, що

функція (3.8) з високою (більше 90%) ступінню достовірності описує рівні освітлення у приміщеннях із суміщеним освітленням, якщо на характерному розрізі при цьому не знаходиться перешкод (меблів, колон тощо). Низька (менше, ніж 85%) ступінь достовірності експоненційної функції для природнього освітлення у експериментальних приміщеннях пояснюється як низьким рівнем сонячної енергії у січні місяці, так і наявності в експериментальному приміщенні обладнання та меблів.

Табл. 3.5

Функції рівня горизонтальної освітленості у експериментальних приміщеннях 1 (ряди А-D) і 2 (ряди Е-F) в залежності від відстані віконних отворів

Дата проведення вимірювання	Ряд, тип освітлення	Функція рівня горизонтальної освітленості $f(x)$ від відстані від вікна x, m	Величина достовірності апроксимації R^2
06.01.2023	Ряд А, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 177,03e^{0,0003x}$	0,9048
06.01.2023	Ряд А, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 80,489e^{0,0004x}$	0,937985
06.01.2023	Ряд А, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 173,5e^{0,0003x}$	0,874
06.01.2023	Ряд А, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 57,274e^{0,0005x}$	0,8297
06.01.2023	Ряд В, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 173,92e^{0,0003x}$	0,8728
06.01.2023	Ряд В, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 59,75e^{0,0006x}$	0,8583
06.01.2023	Ряд В, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 211,43e^{0,0003x}$	0,8607
06.01.2023	Ряд В, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 80,773e^{0,0005x}$	0,887
06.01.2023	Ряд С, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 194,55e^{0,0003x}$	0,9678
06.01.2023	Ряд С, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 123,03e^{0,0003x}$	0,8839
06.01.2023	Ряд С, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 214,29e^{0,0002x}$	0,9641
06.01.2023	Ряд С, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 97,224e^{0,0003x}$	0,871
06.01.2023	Ряд D, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 178,22e^{0,0003x}$	0,8277
06.01.2023	Ряд D, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 85,382e^{0,0004x}$	0,7377
06.01.2023	Ряд D, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 211,43e^{0,0003x}$	0,8322
06.01.2023	Ряд D, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 101,38e^{0,0003x}$	0,9846
06.01.2023	Ряд Е, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 158,07e^{0,0003x}$	0,9814
06.01.2023	Ряд Е, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 52,44e^{0,0004x}$	0,9052
06.01.2023	Ряд Е, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 184,2e^{0,0002x}$	0,9292
06.01.2023	Ряд Е, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 66,347e^{0,0003x}$	0,9809
06.01.2023	Ряд F, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 115,97e^{0,0003x}$	0,9333

Продовження табл. 3.5

06.01.2023	Ряд F, природнє освітлення (Testo)	$f(x) = 45,636e^{0,0005x}$	0,997
06.01.2023	Ряд F, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 112,06e^{0,0004x}$	0,9348
06.01.2023	Ряд F, природнє освітлення (FLUS)	$f(x) = 55,848e^{0,0004x}$	0,8796
23.09.2023	Ряд A, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 385,08e^{0,0003x}$	0,9738
23.09.2023	Ряд A, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 391,48e^{0,0003x}$	0,9836
23.09.2023	Ряд B, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 428,38e^{0,0003x}$	0,9923
23.09.2023	Ряд B, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 518,09e^{0,0002x}$	0,9968
23.09.2023	Ряд C, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 480,89e^{0,0003x}$	0,991
23.09.2023	Ряд C, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 471,73e^{0,0003x}$	0,9877
23.09.2023	Ряд D, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 575e^{0,0002x}$	0,7524
23.09.2023	Ряд D, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 599,64e^{0,0002x}$	0,743
23.09.2023	Ряд E, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 466,28e^{0,0003x}$	0,9857
23.09.2023	Ряд E, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 466,81e^{0,0002x}$	0,99
23.09.2023	Ряд F, суміщене освітлення (Testo)	$f(x) = 385,51e^{0,0002x}$	0,9555
23.09.2023	Ряд F, суміщене освітлення (FLUS)	$f(x) = 388,22e^{0,0002x}$	0,9449

Умовні позначення достовірності апроксимації:

Більш ніж 90%	85-90%	75-85%	Менш ніж 75%
---------------	--------	--------	--------------

Порівняння результатів інструментальних досліджень рівнів горизонтальної освітленості та КПО для приміщень, у яких виконуються зорові роботи високої складності (Б-2) з нормативними значеннями наведено у табл. 3.6.

Табл. 3.6

Порівняння результатів інструментальних вимірювань горизонтальної освітленості та КПО у експериментальних приміщеннях 1 та 2 для січня з нормативними значеннями

№ приміщення, дата вимірювання	D _{min} , % (FLUS, TESTO)	D _{ср} , % (FLUS, TESTO)	E _{min} , лк (FLUS, TESTO)	E _{ср} , лк (FLUS, TESTO)	Нормативні значення за ДБН В.2.5-28:2018		
					D _{min} , %	D _{ср} , %	Мінімальний та рекомендований рівні горизонтальної освітленості на робочій поверхні, лк
1 (06.01.2023)	1.51	3.85	252	410	1.0	3.0	не менше 300 рекомендовано: 500
2 (06.01.2023)	1.63	3.22	246	506			
	1.35	2.02	202	299			
	1.53	2.00	209	313			

Продовження табл. 3.6.

1 (23.09.2023)	4.31 3.9	6.72 6.55	648 585	1008 982			не менше 300 рекомендовано: 500
2 (23.09.2023)	3.6 3.67	5.3 5.2	548 550	808 789			

На основі проведенних інструментальних досліджень горизонтальної освітленості та КПО у експериментальних приміщеннях 1 та 2 при виконанні зорових робіт високої складності для січня і вересня місяців нами були встановлені наступні закономірності:

1. На основі проведеного інструментального дослідження встановлено закономірності, які з високим (86-98%) рівнем достовірності дозволяють прогнозувати результати інструментального вимірювання КПО та горизонтальної освітленості в залежності від пори року та облаштування приміщень.

2. Встановлено, що для осінньо-весіннього періода умови світлового середовища відповідають нормативним мінімальним нормативним значенням КПО та горизонтальної освітленості для зорових робіт високої точності (Б-2). Для зимового періоду (грудень-січень) умови горизонтальної освітленості та КПО частково відповідають нормативним значенням, в залежності від розміщення робочих місць відносно віконних проїомів.

3. В той же час визначено, що середні та мінімальні значення значення КПО у зимовий період для експериментального приміщення 1 відповідають нормативним. Мінімальне значення КПО для експериментального приміщення 2 відповідає нормативному, водночас середнє значення КПО для приміщення 2 нижче нормативного на 33-35%. Мінімальні значення горизонтальної освітленості для зимового періода (грудень-січень) не відповідають нормативним. Середні значення горизонтальної освітленості у приміщенні 1 відповідають нормі, в експериментальному приміщенні 2 в межах похибки вимірювання (8.5%) можуть не відповідати нормативним.

4. Визначено, що для робочих місць, що знаходяться на відстані більшій, ніж 3 м. від вікон, не виконуються умови вимог мінімально

необхідного для виконання зорових робіт високої точності рівня горизонтальної освітленості для робочих місць.

5. Визначено, що точність інструментальних вимірювань значною мірою залежить від пори року та погодних умов. Для мінімізації похибки, пов'язаної із зміною рівня освітленості під час дня, вимірювання бажано здійснювати в короткі строки. Разом усі ці фактори суттєво звужують можливості проведення інструментального дослідження на об'єктах, що експлуатуються. Визначення КПО та рівнів горизонтальної освітленості для суміщеного освітлення можливо лише для приміщень, у яких вже змонтовано освітлювальні установки.

6. Для приведення умов світлового середовища у приміщеннях 1 та 2 до нормативних значень на робочих місцях № 6, 7, 8, 9, 12 рекомендується доповнити загальне освітлення експериментальних приміщень світильниками локального освітлення. Це рішення обґрунтовано як економічно (немає необхідності переобладнання системи загального освітлення приміщень) так і підвищеними вимогами до зорового комфорту робітників, що виконують роботи високої точності по засліпленню прямим та відбитим освітленням.

3.3 Проведення математичного моделювання характеристик світлового середовища в експериментальних приміщеннях

Для визначення основних характеристик світлового середовища в приміщеннях, де проводяться зорові роботи високої складності, нами на основі математичної моделі експериментальних приміщень № та №2 (рис 3.18) були обчислені:

- значення КПО;
- значення горизонтальної освітленості для контрольних точок вимірювання (сітка контрольних точок співпадає з сіткою контрольних точок експериментального вимірювання) та постійних робочих місць;
- значення UGR.

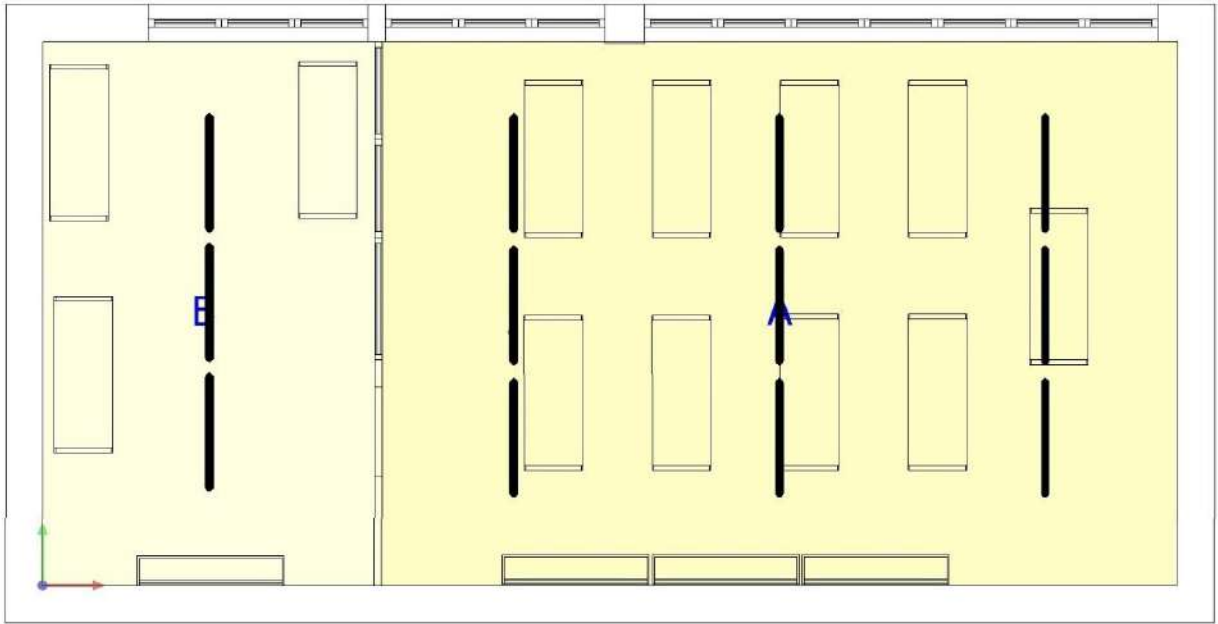


Рис.3.18 Загальний план математичної моделі експериментального приміщення №2 (А) та №1 (Б) з розстановкою меблів

Достовірність результатів доведена шляхом співставлення отриманих результатів розрахунку математичної моделі з результатами інструментальних вимірювань.

Результати математичного моделювання визначались для різних дат вимірювання (6 січня 2023, 23 вересня 2023), що відповідають датам проведення інструментальних вимірювань. Додатково нами була обрахована спрощена модель розрахунку (без меблів). Під час математичного моделювання була обрана найближча географічна точка, для якої доступні значення яскравості неба (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Умови та результати математичного моделювання КПО експериментальних приміщень 1-2 для 06.01.2023 р.

УМОВИ:
 Місцина Kiev
 Яскравість у зеніті: 5762 cd/m²
 Хмарність: похмуре небо
 Категорія забруднення: Незначний рух транспорту, вміст пилу менше 150 мкг/куб.м
 Висота: 0.8 м.
 Відступ від стіни: 1.000 м.

Продовження табл. 3.7

Результати	$D_{\text{сер}}, \%$	$D_{\text{мін}}, \%$	$D_{\text{макс}}, \%$	Нормативне значення $D_{\text{сер}}, \%$	Нормативне значення $D_{\text{мін}}, \%$
Без меблів:				4.5%	1.5%
Приміщення 1	4.583 %	1.292 %	10.892 %		
Приміщення 2	4.243 %	1.019 %	9.535 %		
З меблями:					
Приміщення 1	4.456 %	1.127 %	10.678 %		
Приміщення 2	4.104 %	0.986 %	9.456 %		

У результаті математичного моделювання КПО у експериментальних приміщеннях 1 та 2 були отримані наступні результати:

- Рівні КПО для 23.09.2023 р. та 06.01.2023 р. при умовах моделювання експериментального приміщення без меблів (рис. 3.19) та з меблями (рис. 3.20) відповідають нормативним вимогам для категорії робіт високої зорової точності Б-2.

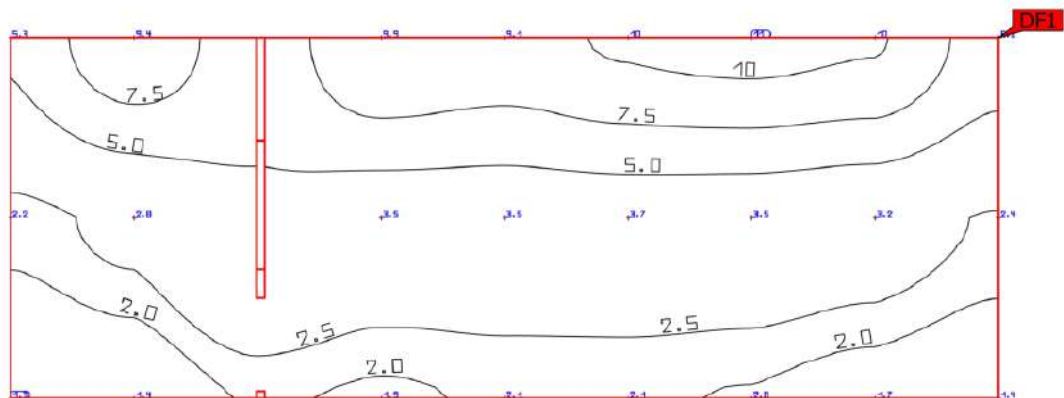


Рис.3.19 Значення КПО для експериментальних приміщень №1-2 для 06.01.23 (без меблів).

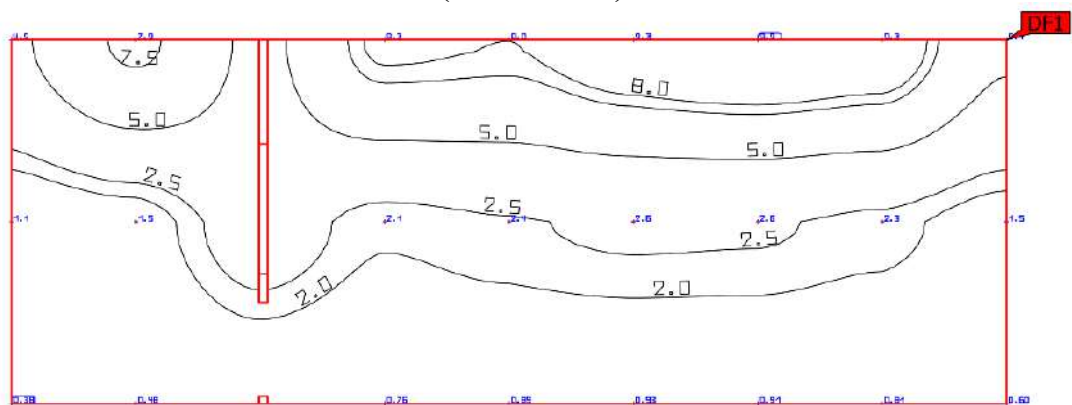


Рис.3.20 Значення КПО для експериментальних приміщень №1-2 для 06.01.23 (з меблями).

Водночас результати обчислення показників середньої ($E_{\text{гор сер}}^{\text{сум}}$) та мінімальної ($E_{\text{гор мин}}^{\text{сум}}$) горизонтальної освітленості при суміщеному освітленні у приміщенні 1 (рис. 3.21, рис. 3.22) показали, що:

- Середнє значення для 06.01.23 $E_{\text{гор сер}}^{\text{сум}} = 394$ лк, що менше з нормативне значення горизонтальної освітленості вище за 500 лк для зорових робіт високої зорової складності за DIN:18599-4. $E_{\text{гор мин}}^{\text{сум}} = 194$ лк, $E_{\text{гор max}}^{\text{сум}} = 2224$ лк;

- Для 23.09.23 $E_{\text{гор сер}}^{\text{сум}} = 655$ лк, що відповідає нормативному значенню горизонтальної освітленості вище за 500 лк для зорових робіт високої зорової складності за DIN:18599-4.

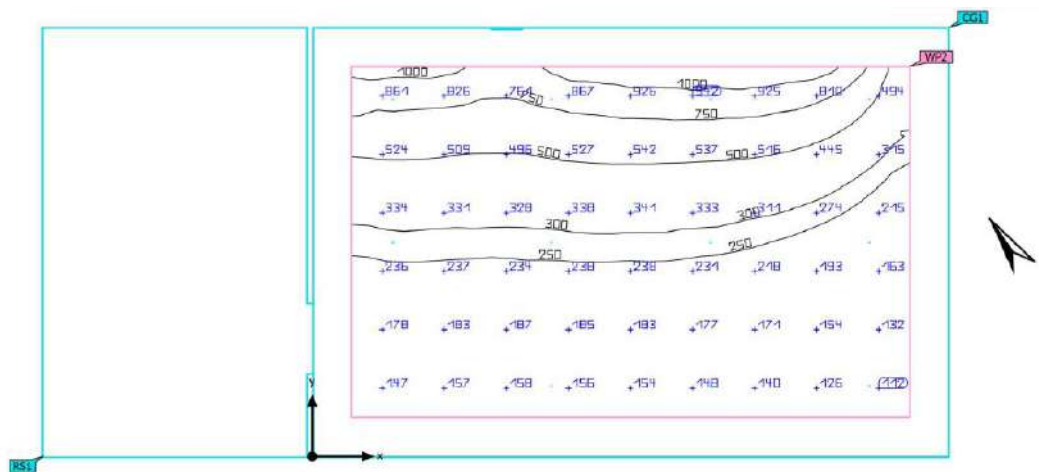


Рис. 3.21 Результати моделювання рівнів горизонтальної природної освітленості для експериментального приміщення 1 для 06 січня 2023 р.

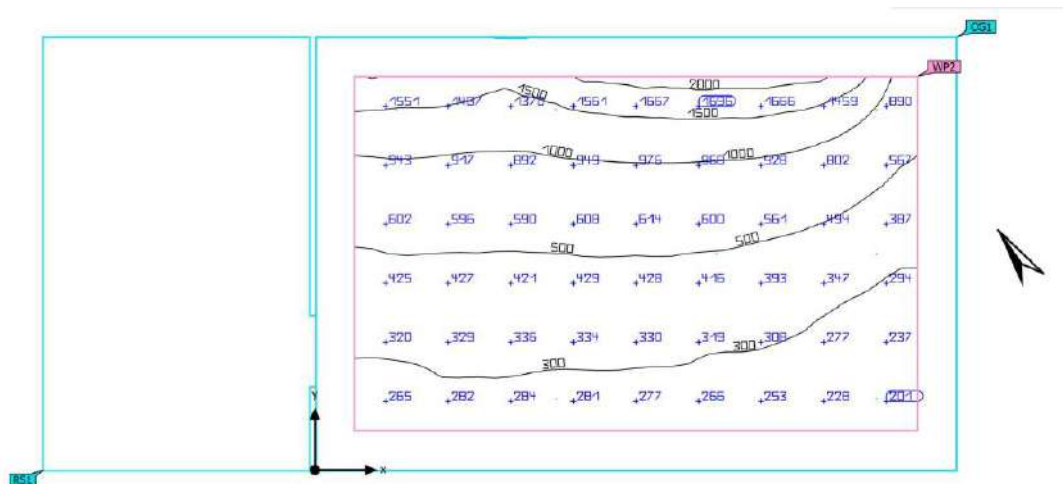


Рис. 3.22 Результати моделювання рівнів горизонтальної суміщеної освітленості для експериментального приміщення 1 для 23 вересня 2023 р.

За результатами моделювання природного і суміщеного освітлення експериментального приміщення 2 (рис. 3.23) для 06 січня 2023 р. $E_{\text{гор сер}}^{\text{сум}} = 364$ лк, що менше з нормативне значенню горизонтальної освітленості вище за 500 лк для зорових робіт високої зорової складності за DIN:18599-4. $E_{\text{гор мін}}^{\text{сум}} = 194$ лк, $E_{\text{гор max}}^{\text{сум}} = 2224$ лк

Для 23 вересня 2023 р. $E_{\text{гор сер}}^{\text{сум}} = 655$ лк, що відповідає нормативному значенню горизонтальної освітленості вище за 500 лк для зорових робіт високої зорової точності за DIN:18599-4

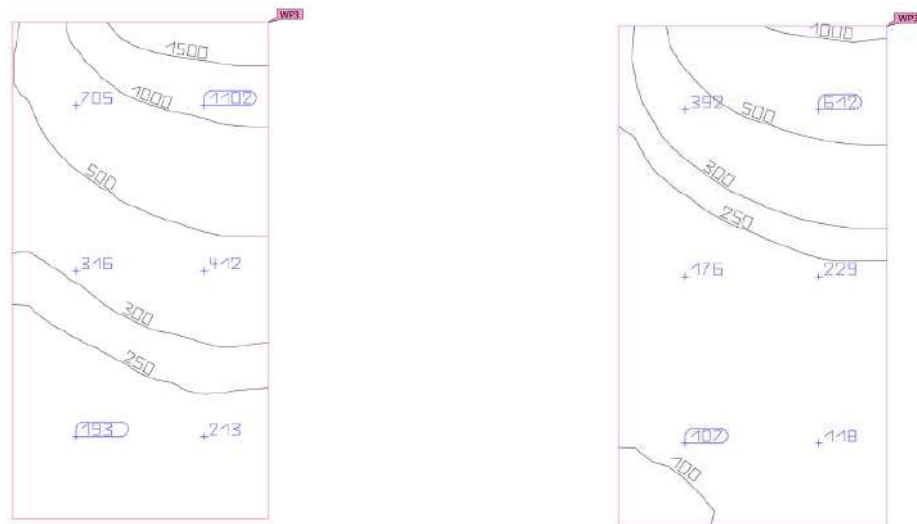


Рис 3.23 Результати моделювання освітленості для експериментального приміщення 1: а – значення горизонтальної освітленості для 23 вересня 2023 р. б – значення горизонтальної освітленості для 06 січня 2023 р.

Результати обчислення рівнів зорового дискомфорту для контрольних точок, рівномірно розподілених по приміщенню 1 (рис. 3.24) дозволяють визначити, що найбільший рівень засліплення (21) приходить на робочі місця, що розташовані по периметру приміщення (найбільший рівень засліплення на кутах обзору).

З урахуванням світлого оздоблення стін і матових поверхонь рівень зорового дискомфорту є високим за рахунок великого (більш ніж 20%) перепаду рівня освітленості в зоні обзору близько 150° . Тож з урахуванням виконання зорових робіт високої точності рекомендується знизити перепад

яскравості поверхонь у приміщенні за рахунок додаткового місцевого освітлення робочих місць та викраски меблів у світлі кольори [198].

Сучасні дослідження [199] рекомендують змінити систему ОС: замінити лінійне розтшування світильників на розташування полем.

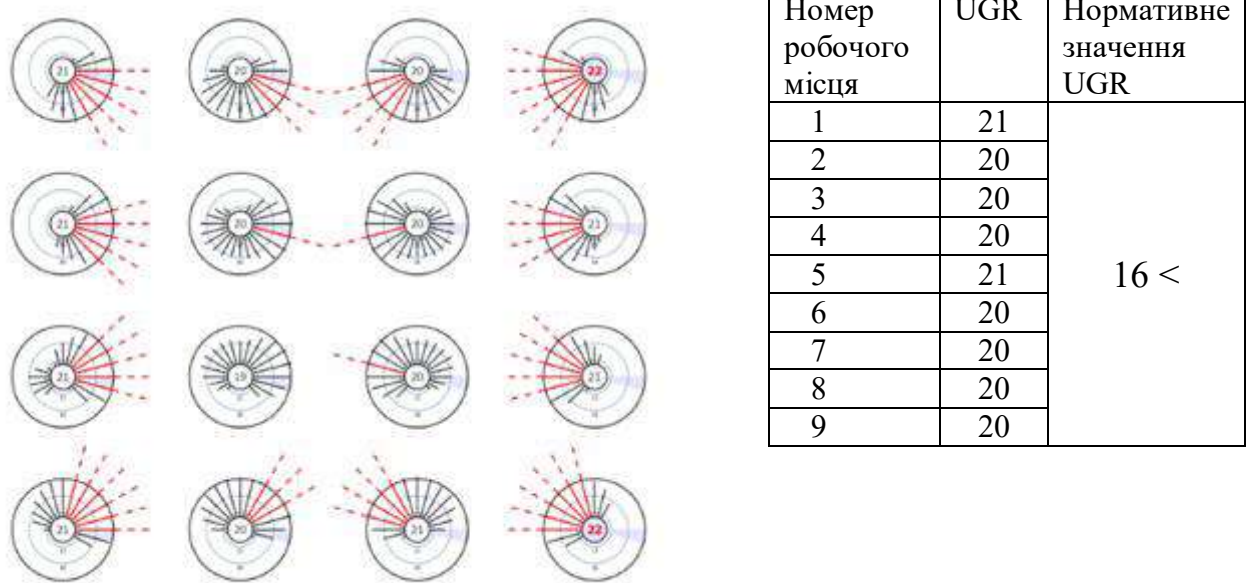


Рис.3.24 Вхідні дані та результати математичного моделювання рівня зорового дискомфорту (UGR) для робочих місць експериментального приміщення 1

1. На основі математичного моделювання під час зимового (січень місяць) та весняно-осіннього періоду кількісних параметрів світлового середовища робочих приміщень вагомим є фактор коливання природної освітленості, пов'язаний як з кліматом і географічної широтою місцезнаходження приміщення, де проводяться вимірювання, так і з місяцем і часом доби, коли вимірювання буди проведені. При цьому для досягнення достатнього ступеня прогнозування характеристик світлового середовища за допомогою математичної моделі

2. Згідно з проведеним математичним моделюванням середнє значення КПО $D_{сер}$ для експериментальних приміщень 1 та 2 відповідає нормативам для зорових робіт високої складності. При цьому мінімальне значення КПО $D_{мін}$ менше за нормативне. Рівні горизонтальної освітленості на робочих місцях 1-9 при суміщеній освітленості.

3. Згідно з проведеним середнє значення КПО $D_{\text{сер}}$ для експериментальних приміщень 1 та 2 відповідає нормативам для зорових робіт високої складності. При цьому мінімальне значення КПО $D_{\text{мін}}$ менше за нормативне. Рівні горизонтальної освітленості на робочих місцях 1-9 при суміщеній освітленості. Визначено, що значення КПО та горизонтальної освітленості для приміщення 1 (робочі місця 1-9) відповідає нормативним для зорових робіт високої складності. Визначено, що рівень зорового дискомфорту для робочих місць у приміщенні 1 не відповідає нормативному. Рекомендується змінити схему освітлення приміщень 1 та 2, застосовуючи місцеве освітлення робочої зони, та використовувати меблі та покриття більш світлих кольорів, що дозволить підвищити рівень загальної освітленості, та, водночас, знизити співвідношення рівнів яскравості поверхонь в аудиторії.

Висновки до розділу 3

1. На основі проведених інструментальних та теоретичних досліджень встановлено закономірності, які з високим рівнем достовірності (86-98%) дозволяють прогнозувати характеристики світлового середовища на робочих місцях з урахуванням робіт підвищеної зорової складності, планування та облаштування приміщень.

2. Встановлено, що для осінньо-весіннього періода умови світлового середовища, згідно проведеним дослідженням, відповідають нормативним мінімальним нормативним значенням КПО та горизонтальної освітленості для зорових робіт високої точності (Б-2).

3. Встановлено, що для зимового періоду (грудень-січень) для приведення умов світлового середовища на робочих місцях № 6,7,8,9,12 до нормативних значень рівня горизонтальної освітленості рекомендується доповнити загальне освітлення експериментальних приміщень світильниками локального освітлення. Це рішення обґрунтовано як економічно (немає необхідності переобладнання системи загального освітлення приміщень) так і підвищеними вимогами до зорового комфорту робітників, що виконують роботи високої точності по засліпленню прямим та відбитим освітленням.

4. На основі порівняльного аналізу результатів інструментальних вимірювань і теоретичного моделювання освітленості експериментальних приміщень, встановлено, що для досягнення високого ступеню достовірності (більше 90%) під час інструментальних вимірювань необхідна велика кількість контрольних точок вимірювання. З урахуванням мінливого характеру природнього освітлення високий ступінь достовірності інструментальних вимірювань, виміри потрібно проводити у стислий час. Названі фактори, у поєднанні з нормативними вимогами до природнього освітлення під час вимірювань (похмура погода) значно зменшують оцінку основних якостей світлового середовища у робочих приміщеннях за допомогою інструментальних методів вимірювання.

5. Теоретичне моделювання освітлення робочих приміщень дозволяє визначити цілу низку факторів візуального середовища на робочих місцях. При цьому похибка не перевищує 10%. Однак високий ступінь точності визначення характеристик світлового середовища за допомогою математичного моделювання може бути досягнутий при наявності повних вхідних даних про

- характер забудови навколо об'єкта (відстань, поверховість, оздоблення фасадів);
- натурні обміри приміщення, фіксації великої кількості даних про об'єкт, де розташоване інструментальне приміщення,
- тип і матеріали оздоблення приміщення
- схеми розстановки меблів та обладнання тощо.

6. Визначено, що теоретичне моделювання освітлення приміщення дозволяє провести оцінку основних кількісних параметрів світлового середовища приміщення. При цьому, час обробки даних і розрахунку значно менший, ніж при інструментальному методі вимірювання, є можливість здійснити моделювання світлового середовища за допомогою різних освітлювальних установок у приміщенні, що моделюється.

7. Порівняння результатів, отриманих за допомогою теоретичного моделювання, з результатами інструментальних вимірювань (розбіжність

менше за 12%) дозволяє зробити висновок про доцільність його використання для визначення основних характеристик освітлення у виробничих приміщеннях, що проєктуються, реконструюються, або до яких відсутній доступ.

8. Встановлено, що висока достовірність теоретичної моделі у програмному середовищі DIALux може бути досягнута за рахунок моделювання на максимальній доступній кількості параметрів, доступних DIALux. Спрощення моделі (таке як моделювання освітлення в приміщенні без меблів і обладнання) призводить до зниження її точності. Недоліком використання моделі є відсутність у базі повного набору варіантів яскравості неба для різних широт та місцевостей.

9. Визначено, що при наявності теоретичної моделі, створеної на основі проведених обмірів, дає можливість моделювати системи освітлення. При цьому обрахунок попередніх результатів потребує 0,2 люд/год машинного часу для світлотехнічних систем нескладної конфігурації. Інструментальне вимірювання світлових характеристик ОУ тих самих приміщень потребувало від 2 до 2.5 люд/год з подальшим обрахунком попередніх результатів, який потребував 1 люд/год машинного часу

10. В результаті дослідження експериментальних приміщень встановлено, що у обох експериментальних приміщеннях внаслідок відсутності прямого сонячного освітлення відхилення умов режиму УФ освітлення робочих приміщень променями ультрафіолетового спектру [109, 110]. Тому, згідно з рекомендаціями, для таких приміщень необхідне додаткове обладнання світлотехнічної установки приміщень лампами уф-спектру для додаткового опромінення у неробочий час.

У розділі 3 використані [193...199] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІ, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ВІЗУАЛЬНИЙ КОМФОРТ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ СКЛАДНОСТІ

4.1 Обґрунтування складу дослідної групи та умов проведення експерименту

Кількість необхідних для спостереження випадків n у групі людей для вирогідності, що входить у довірчий інтервал, було [200, 201] визначено за залежністю:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (4.1)$$

где Δ – максимальний розмір похибки вибірки, що допускається (2%);

t – коефіцієнт довіри, що враховує вирогідність того що отримана величина похибки вибірки буде не більше дійсної помилки, що допущена внаслідок суб'єктивного характеру оцінки (при стандартному статистичному значенні ймовірності 0,954 відповідне $t = 2$);

σ – середньоквадратичне відхилення, що характеризує розсіювання у генеральній сукупності, що була прийнята на рівні 7.

Тоді необхідна мінімальна кількість учасників експериментальної групи складатиме:

$$n = \frac{2^2 * 7^2}{2^2} = 49 \text{ людей}$$

Експериментальне дослідження з повторними вимірюваннями (по 3 вимірювання на особу) проведено за участю 50 студентів та працівників (17 чоловіків, 33 жінки), що навчаються та/або працюють у ННІ ПДАБА на архітектурному та будівельному факультетах.

Частина перша анкети з демографічними відомостями учасників і результатами анонімного анкетування наведена у табл. 4.1, повні результати анонімного анкетування наведені у Додатку Г.

Середньоквадратичне відхилення по результатам демографічного опитування не перевищило 7, тож вибірка є репрезентативною.

Середній вік респондентів, прийнятих до дослідження становив $21,49 \pm 1,3$ років. Експерименти було проведено в денний час (з 9:00 до 15:00) з 20 листопада 2023 року до 18 квітня 2024 р.

Таблиця 4.1

Анкета самооцінювання працездатності та функціонального стану. Блок 1

Блок 1. Демографічні характеристики учасників експерименту	Демографічна характеристика	Середній показник	Варіативність (%)
	1. Вік (років)	32,38	10,12
	2. Стать	Ж – 66%, Ч – 34%	
	3. Чи потрібні вам окуляри під час роботи/навчання?		
	так	20%	
	ні	80%	
	4. Стаж роботи (років, враховуючи навчання у ВНЗ)	13,56	9,53
	4. Робота високої зорової складності, годин у тиждень	25,72 год.	6,24
	5. Із них з використанням комп'ютерних моніторів та гаджетів	19, 98 год.	4,66
	Середньоквадратичне відхилення (варіативність): 2.20		

Експеримент був спланований таким чином, що на один день на одну людину приходився лише один дослід.

Вибірка експериментальних умов у приміщенні проводилась:

- Згідно з вимогами вікових груп щодо рівня освітленості, які відображені в ДБН В.2.5-28:2018 та доведені сучасними дослідженнями [202-204] (рис. 4.1) в експериментальній групі була проведена вибірка за критерієм віку:

- група 1: чоловіки та жінки віком від 22 до 40 років;
- група 2: чоловіки та жінки віком від 41 до 60 років.

Ранжир груп учасників проводився згідно з методом когортних досліджень, тому що розроблені дослідження ставляться до класу таких, у яких передбачений зовнішній вплив на організм людини.

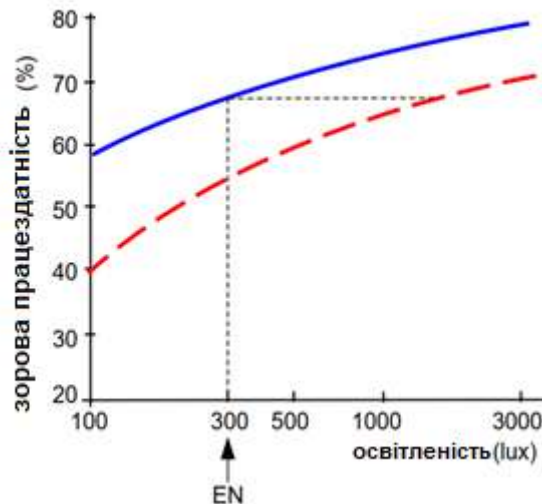


Рис.4.1 Зв'язок між зоровою працездатністю (у відсотках) та рівнем горизонтальної освітленості (у lux) під час виконання складних візуальних завдань. Суцільною лінією позначені молодші робітники (вік близько 30 років), пунктирною лінією – старші робітники (вік близько 55 років), EN – нормативне значення освітленості за [203].

4.2 Умови та структура проведення експерименту

Експеримент проводився в експериментальному приміщенні 1 на робочому місці 8 у робочий час (з 9:00 по 15:00) при суміщеному освітленні створеному за допомогою ЛЛ ламп (6300 K) та СД ламп денного світла (4100 K). Фіксувались: час проведення експерименту, мікрокліматичні умови, рівень горизонтальної освітленості (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Параметри умов проведення експериментальних досліджень

Параметр	Значення	Примітки
Час початку експерименту	З 9:00 до 15:00	Вибірка проводилась
Тип освітлення	суміщене	
Колірна температура освітлення (CCT)	4100-5300K, >5300K	Вибірка проводилась
Рівень горизонтального освітлення на робочій поверхні	500-600 lx	
Температура у приміщенні	19-22 °C	
Рівень шуму	40-60 лБ	
Рівень захмареності	5-8 балів	

Вибірка умов проведення експерименту проводилась:

- за параметрами мікроклімату (температура повітря, відносна вологість). Відповідно до вимог [205] роботи, що виконують працівники категорії «проектувальники і конструктори», відносяться до робіт категорії 1a (робота у положенні сидячи, пов'язана з нервово-емоційним напруженням, на пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших приміщеннях). Відповідні нормативні параметри мікроклімату (температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря) наведені у табл. 4.3.

Табл. 4.3

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря t , °C	Відносна вологість ϕ , %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	1a	22-24	40-60	0,1

- за параметрами світлового середовища. Враховуючи мінливий характер рівня горизонтальної освітленості та колірної температури суміщеного освітлення, враховувались такі параметри:

- місяць проведення вимірювань (з листопада по квітень);
- час початку тестування;
- погодні умови (ясна погода або суцільна захмареність);
- колірна температура освітлення робочого місця.

На основі математичної моделі приміщення, розробленою нами, були розраховані середньомісячні значення рівня горизонтальної освітленості для робочого місця 8 для холодної пори року (вересень-квітень) для умов ясної погоди, суцільної захмареності та середньомісячні значення в залежності від кількості ясних та захмарених днів місяця («середнє небо») в залежності від часу доби. Результати розрахунку наведені у табл. 4.4 та на рис. 4.2.

Табл. 4.4

Значення рівня горизонтальної освітленості $E_{\text{сер}}$ на робочому місці 8 в залежності від умов захмаренності та часу доби

Чисте небо								
год/міс	вер	жов	лис	груд	січ	лют	берез	квіт
09:00	1067	869	792	708	720	839	972	1011
10:00	1114	908	850	778	793	886	974	1060
11:00	1062	933	875	821	835	910	968	1180
12:00	975	942	885	832	857	927	965	924
13:00	972	953	863	808	846	924	967	975
14:00	970	946	800	743	793	899	962	970
15:00	964	900	679	627	692	816	909	969
Есер, лк	1017,71	921,57	820,57	759,57	790,86	885,86	959,57	1012,71
Середнє небо								
год/міс	вер	жов	лис	груд	січ	лют	берез	квіт
09:00	988	774	690	594	603	750	1002	1000
10:00	1012	897	747	654	677	838	1025	1039
11:00	1160	932	755	678	709	847	1045	1070
12:00	1019	901	718	660	695	818	931	1026
13:00	937	843	665	618	656	766	872	938
14:00	890	787	600	564	598	699	813	920
15:00	843	714	531	510	537	620	735	897
Есер, лк	978,43	835,43	672,29	611,14	639,29	762,57	917,57	984,29
Похмуре небо								
год/міс	вер	жов	лис	груд	січ	лют	берез	квіт
09:00	720	649	634	584	588	651	739	759
10:00	788	713	676	629	638	704	792	827
11:00	879	758	697	653	667	737	823	876
12:00	864	780	695	655	675	747	831	907
13:00	862	778	670	634	659	659	814	904
14:00	842	752	624	593	622	642	774	860
15:00	797	704	560	534	566	639	714	845
Есер, лк	821,71	733,43	650,86	611,71	630,71	682,71	783,86	854,00

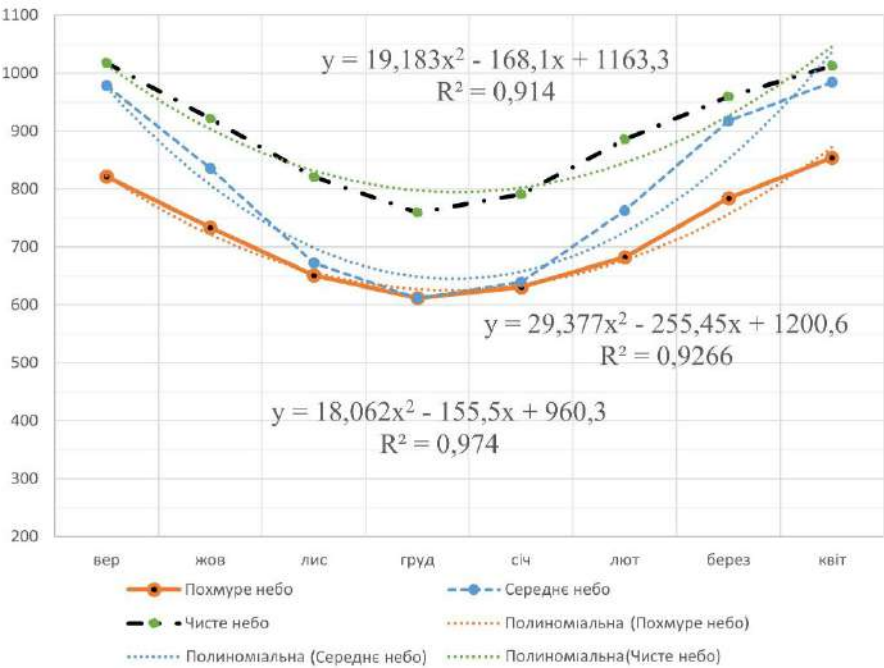


Рис. 4.2 Рівень горизонтальної середньомісячної освітленості $E_{\text{сер}}$ на робочому місці 8 за період з вересня по квітень

Для проведення тестування робоче місце 8 в приміщенні 1 було обладнано стаціонарним ПК з ЖК монітором LG 22MP55 з діагоналлю 19 дюймів. Роздільна здатність монітора: 1920X1080, частота оновлення екрану 60000 Гц. Ергономічні характеристики робочого місця (рис. 4.3) відповідають вимогам ДСТУ 8604:2015 [206], ДСТУ 7299:2013 [207].

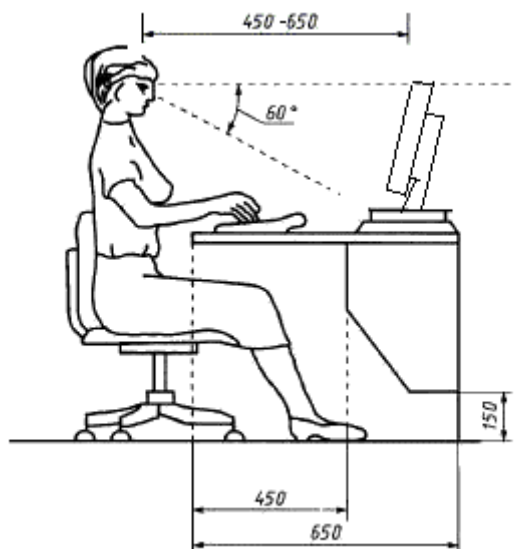


Рис. 4.3 Ергономічні характеристики робочого місця для проведення експериментальних досліджень

Послідовність проведення експеримента:

1. Експериментальній групі надаються роз'яснення щодо умов проведення експерименту. У цей час відбувається зорова адаптація до умов світлового середовища у експериментальному приміщенні (10-15 хв.).
2. Для експериментальної групи віку 22-40 р.: проводяться вимірювання артеріального тиску та частоти пульсу – 5 хв.
3. Заповнення 1 частини опитувальника – 5 хв.
4. Виконання тесту, за допомогою якого оцінюється рівень уваги: коректурна проба (кільця Ландольта) – 10 хв.
5. Для експериментальної групи віку 22-40 р.: проводяться вимірювання артеріального тиску та частоти пульсу – 5 хв.
6. Перерва (10 хв.).
7. Заповнення 2 та 3 частини опитувальника.

На основі проведених досліджень [208, 209] при оцінці впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та візуальний комфорт працівників при виконанні робіт високої зорової складності проведене обґрунтування складу досліджуваної групи та умов проведення експерименту.

Аналіз статистичних відомостей та математичне моделювання рівня горизонтальної освітленості на робочому місці експериментального приміщення показав, що реальний рівень середньомісячної освітленості суттєво залежить від географічної широти місяця проведення дослідження. Найбільша вирогідність еталонних метеорологічних умов для проведення натурних вимірювань рівня горизонтальної освітленості (суцільна захмареність) для Дніпропетровської області досягається у період із листопада по січень. При неможливості провести інструментальні вимірювання, з урахуванням кількості днів з суцільною захмареністю на місяць для Дніпропетровської області, доцільним є застосування методу математичного моделювання.

4.3 Проведення дослідження впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та візуальний комфорт працівників при виконанні робіт високої зорової точності

4.3.1 Дослідження впливу колірної температури світлового середовища на фізіологічну реакцію організму при виконанні робіт високої зорової точності

Для реєстрації фізіологічної реакції організму на світловий подразник денного та холодного суміщеного освітлення в умовах виконання наруженого зорового завдання високої складності для вікової групи 20-40 рр. (37 осіб) враховували зміни артеріального тиску по систолічній і діастолічній складовій (реакція, отримана при постійному тривалому нервовому навантаженні) й данні зміни частоти пульсу (миттєва реакція організму). Для вимірювання фізіологічних показників використовували пульсоксиметр JPD-500C та тонометр OMRON M1 (Рис. 4.4).

а

б



Рис. 4.4 а - пульсоксиметр JPD-500C; б - тонометр OMRON M1

Вибірка вікової групи респондентів (22-40 років) проводилась з урахуванням нижчої, ніж у другій віковій групі (41-60 років) вірогідності отримання нерелевантних результатів, пов'язаних з віковими змінами серцево-судинної системи.

Для реєстрації змін колірної температури суміщеного освітлення на робочому місці у час проведення експерименту вимірювання здійснювалось за допомогою переносного хромометра CR-400 (рис. 4.5)



Рис. 4.5 Хромометр CR-400

Результатом обробки матеріалів тесту є обчислення наступних показників, які характеризують зміну показників диастолічного (АТ(Д)) та систолічного (АТ(С)) та пульсу в залежності від зміни колірної температури (табл. 4.5 та табл. 4.6).

Табл. 4.5

Зміна показників частоти пульсу, діастолічного АТ(Д) та систолічного АТ(С) тиску для вікової групи 20-40 рр. при суміщеному освітленні денного спектра (CCT 4100-5300 K)

Умови проведення					Фізіологічні показники					
час початку	t, °C	φ, %	Е _{гор} сер, лк	колір. темп, К	Зміна пульса	сер. знач.	Зміна АТ(с)	сер. знач.	Зміна АТ(Д)	сер. знач.
09:00	20,0	45	795	4500	42	39,60	2,1	2,38	3,4	3,52
09:00	20,0	49	810	4600	38		2,3		3,7	
09:00	20,0	45	812	4500	39		2,8		3,6	
09:00	21,5	48	797	4600	39		2,4		3,5	
09:00	20,0	50	796	4500	40		2,3		3,4	
10:00	22,0	46	850	4750	44	41,75	2,2	2,41	3,1	3,08
10:00	22,3	46	850	4650	37		1,8		3	
10:00	22,1	46	850	4600	42		2,4		3	
10:00	21,8	46	850	4700	44		1,99		3,2	
11:00	21,1	47	875	5450	41		2,4		3,5	
11:00	21,1	47	875	5450	42	42,33	2,4	2,45	3,3	3,25
11:00	21,1	47	875	4500	43		2,7		3,1	
11:00	21,1	47	875	4500	41		2,6		3,4	
11:00	23,0	52	875	5390	44		2,3		3	
11:00	21,1	47	875	5450	43		2,3		3,2	
12:00	22,0	45	885	5330	39	42,00	2	2,22	2,4	3,08
12:00	22,0	45	885	5330	41		2		3,3	
12:00	22,0	45	885	5350	42		2,8		3,3	
12:00	22,0	45	885	5100	43		1,5		3,2	
12:00	22,0	45	885	5200	45		2,8		2,8	
13:00	22,0	43	860	4800	43	42,00	1,9	1,83	3,5	3,17
13:00	22,0	43	860	5400	45		2		3,4	
13:00	22,0	43	860	5400	38		1,6		3	
14:00	22,2	45	800	5450	43	40,33	2,1	1,90	3,1	3,23
14:00	22,2	45	800	5450	40		2,1		3	
14:00	22,2	45	800	5450	40		2		3,6	
14:00	21,9	51	880	5370	36		2		3,5	
14:00	21,1	47	875	5000	42		1,6		3,4	
14:00	22,2	45	800	4700	41	40,20	1,6	1,38	2,8	2,98
15:00	22,4	47	679	4200	42		1,34		3,1	
15:00	22,4	47	679	4500	38		1,2		2,8	
15:00	22,6	47	679	5000	39		1,2		3	
15:00	22,4	47	679	4800	40		1,91		3,1	
15:00	22,4	47	679	5000	42	1,25	2,9			
Сер. знач	21,71	46,32	822,42	4969,71						

Табл. 4.6

Зміна показників частоти пульсу, діастолічного АТ(Д) та систолічного АТ(С) тиску для вікової групи 20-40 рр. при суміщеному освітленні холодного спектра (CCT >5300K)

Умови проведення					Фізіологічні показники					
час початку	t, °C	φ, %	E _{гор} сер, ЛК	колір. темп, К	Зміна пульса	сер. знач.	Зміна АТ(с)	сер. знач.	Зміна АТ(Д)	сер. знач.
09:00	20,0	45	792	5350	38	38,5	2,1	2,39	3,4	3,42
09:00	20,0	45	792	5400	39		2,3		3,4	
09:00	22,4	45	792	5350	40		2,1		3,6	
09:00	22,4	45	792	5400	38		2,4		3,5	
09:00	22,4	45	792	5350	36		2,7		3,4	
09:00	22,4	43	792	5400	35		2,4		3,3	
09:00	22,4	43	780	5350	39		2,3		3,4	
09:00	22,4	45	780	5400	38		2,7		3,4	
09:00	20,0	45	792	5350	41		2,6		3,4	
09:00	20,0	45	792	4500	41		2,3		3,4	
10:00	21,1	46	760	5450	44	40,5	2	2,39	3,1	3,09
10:00	21,1	46	760	5600	37		2,4		3	
10:00	21,1	46	760	5450	42		2,2		3,1	
10:00	21,1	45	760	5450	44		2,1		3	
10:00	21,1	45	760	5450	43		2,4		3,3	
10:00	21,1	47	760	5450	38		2,5		3,1	
10:00	21,1	47	760	5450	41		2,6		3	
10:00	21,1	47	760	5450	30		2,2		3	
10:00	21,1	45	760	5400	42		2,9		3,2	
10:00	21,1	45	760	5400	42		2,4		3,1	
10:00	21,1	47	760	5500	41		2,6		3	
10:00	21,1	47	850	5600	42		2,4		3,2	
11:00	21,1	47	875	5450	40	41,5	2,3	2,36	3	3,2
11:00	21,1	47	875	5450	41		2,3		3,2	
11:00	22,0	45	767	5400	43		2,4		3,4	
11:00	22,0	45	767	5450	41		2,4		3,5	
11:00	22,0	47	767	5450	42		2,7		3,4	
11:00	22,0	47	767	5450	43		2,5		3,3	
11:00	22,0	47	767	5450	41		2,2		3,1	
11:00	22,0	45	767	5500	44		2,3		3,3	
11:00	22,0	45	767	5500	43		2,2		3	
11:00	22,0	47	760	5450	40		2,4		3,2	
11:00	22,0	47	775	5450	40		2,4		3	
11:00	21,1	47	775	5450	40		2,3		3	
12:00	22,0	45	775	5330	39	42,16	2,4	2,15	2,8	2,98
12:00	22,0	45	775	5330	41		2		3	
12:00	22,0	47	775	5500	42		2		3,1	
12:00	22,0	47	775	5330	42		2,2		3,1	
12:00	22,0	47	775	5330	45		1,8		2,8	
12:00	22,0	45	775	5330	44		2,5		3,1	

Продовження табл. 4.6

13:00	22,0	45	775	5400	42	40,83	1,7	1,8	2,8	3,00
13:00	22,0	47	767	5450	39		1,9		3	
13:00	22,0	47	767	5450	45		2		3,2	
13:00	22,0	45	767	5450	38		1,8		3,1	
13:00	22,0	45	767	5400	41		1,8		2,8	
13:00	22,0	47	767	5400	40		1,6		3,1	
14:00	22,2	47	767	5450	40	40,2	1,6	1,9	3	3,07
14:00	22,2	47	767	5450	42		2		3	
14:00	21,1	45	767	5500	40		2		3,2	
14:00	22,2	45	767	5450	40		2		3,1	
14:00	21,1	47	767	5600	39		2		3	
14:00	21,1	47	767	5650	42		2		3,2	
14:00	21,1	45	767	5650	41		1,8		3,1	
14:00	21,1	45	767	5600	40		1,6		3,4	
14:00	21,1	47	675	5450	39		2		2,8	
14:00	22,2	47	800	5450	39		2		2,9	
15:00	22,4	47	679	5320	38	39,33	1,3	1,39	2,9	2,95
15:00	22,4	45	679	5320	40		1,7		3,1	
15:00	22,4	45	679	5320	42		1,34		2,8	
15:00	22,4	47	679	5320	38		1,2		3	
15:00	23,0	47	679	5500	39		1,2		3,1	
15:00	21,1	47	679	5500	40		1,9		3	
15:00	21,1	47	679	5500	42		1,3		2,9	
15:00	21,1	47	679	5500	38		1,3		2,8	
15:00	22,4	47	679	5320	37		1,3		3	
Сер. знач.	21,64	45,97	761,80	5423,08						

Дослідження зміни фізіологічних показників (пульс, рівень артеріального тиску) показали статистично значущу залежність результатів вимірювань від періоду робочого часу. Встановлено, що для періоду з 9:00 до 13:00 характерними є високі показники зміни пульсу та артеріального тиску під час виконання зорового завдання підвищеної складності, що супроводжується високим рівнем нервового навантаження. Для періоду з 09:00 до 13:00 визначено високий рівень коливань показників пульсу та тиску. Для періоду з 13:00 до 15:00 визначено зниження коливань показників пульсу та тиску. Результати проведених досліджень підтверджують закономірність змін фізіологічних показників в залежності від періоду робочого часу, що впливає на розумові функції.

Співставлення результатів дослідження зміни фізіологічних показників в залежності від колірної температури суміщеного освітлення у робочому

приміщенні показало, що холодний спектр суміщеного освітлення у робочому приміщенні (CCT >5300 K) сприяє зниженню рівня збудження, і, як наслідок, зменшенню рівня напруження при виконанні робіт високої зорової складності.

4.3.2 Дослідження показників уваги, швидкості обробки інформації та розумової працездатності за допомогою коректурної проби «Кільця Ландольта».

З метою зменшення часу проведення тесту та швидкої розшифровки результатів для дослідження впливу умов суміщеного освітлення на ступінь концентрації та стійкості уваги були використана модифікація коректурної проби «кільця Ландольта» з використанням безкоштовної комп'ютерної програми, що надається авторським некомерційним проєктом «Інтерактивний портал методик самовдосконалення» metodorf.com [210] і є повним аналогом методики «коректурна проба «Кільця Ландольта», що впроваджена для перевірки стійкості уваги та зосередженості серед слухачів ВНЗ України, зокрема військових кафедр [211]. Заповнення однієї з 5 таблиць тесту наведено на рис 4.6.

Результатом обробки матеріалів тесту є обчислення наступних показників, які характеризують швидкість переключення уваги, точність виконання роботи, розумову продуктивність та розумову працездатність (табл.4.7).

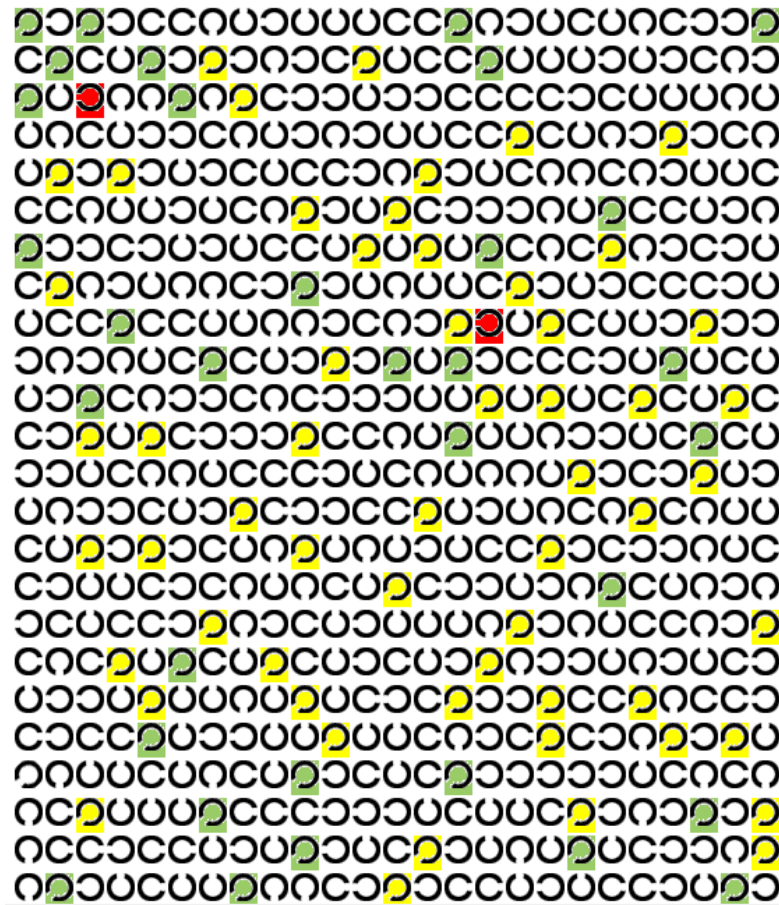


Рис. 4.6 Результати заповнення 1 з 5 коректурних таблиць. Умовні позначення: зелений – правильно виділені елементи, жовтий – пропущені елементи, червоний – елементи, що виділені помилково.

Табл. 4.7

Показники швидкості переключення уваги, точності виконання роботи, розумової продуктивності та розумової працездатності за результатами обробки матеріалів тесту «Коректурні проби Кільця Ландольта»

Показник	Позначення, одиниця вимірювання	Обчислення
Індиктор швидкості обробки інформації	A, знаків на хвилину	N/t
Показник точності виконання роботи 1	T_1 , безрозмірних одиниць	M/n
Показник точності виконання роботи 2	T_2 , безрозмірних одиниць	S/n
Показник точності виконання роботи 3	T_3 , безрозмірних одиниць	$(M-O)/(M+P)$
Розумова продуктивність	E, знаків	$T_2 * E$
Розумова працездатність	A_u , знаків на секунду	$(N/t) * (M - (O+P)/n)$

Продовження табл. 4.7

Рівень зосередженості	K, %	$((M-O)*100)/n$
Стабільність концентрації уваги	K _u , безрозмірних одиниць	$C*(C/(P+O+(1)))$
Швидкість обробки інформації	Q, біт/с	$Q=((0,5936*N)-2,807*(P+O))/t$ де 2,807 – втрата інформації від одного пропущеного знаку

Як найбільш показові нами були обрані наступні показники:

- показник розумової працездатності A_u :

$$A_u = S/t, \quad (4.2)$$

де S – кількість знаків в опрацьованій частині коректурної таблиці,

t – час виконання.

- показник точності виконання робіт T_3 :

$$T_3 = (M-O)/(M+P) \quad (4.3)$$

де M – загальна кількість викреслених знаків,

O – кількість помилково викреслених знаків

P – кількість пропущених знаків

- швидкість обробки інформації Q

$$Q = ((0,5936*N)-2,807*(P+O))/t \quad (4.4)$$

де 2,807 – втрата інформації від одного пропущеного знаку.

За отриманими результатами будується графік роботи кандидата над завдання. Результати перевірено за критерієм Пірсона.

Після обробки одержаних даних були побудовані залежності швидкості обробки інформації (Q), розумової працездатності (A_u) та точності виконання робіт (T_3) від часу доби. Залежності були виділені для двох вікових груп (22-40 рр. та 41-60 рр.) та колірної температури суміщеного освітлення у робочому приміщенні (CCT 4100K-5300K та CCT >5300 K) (рис. 4.7-4.12).

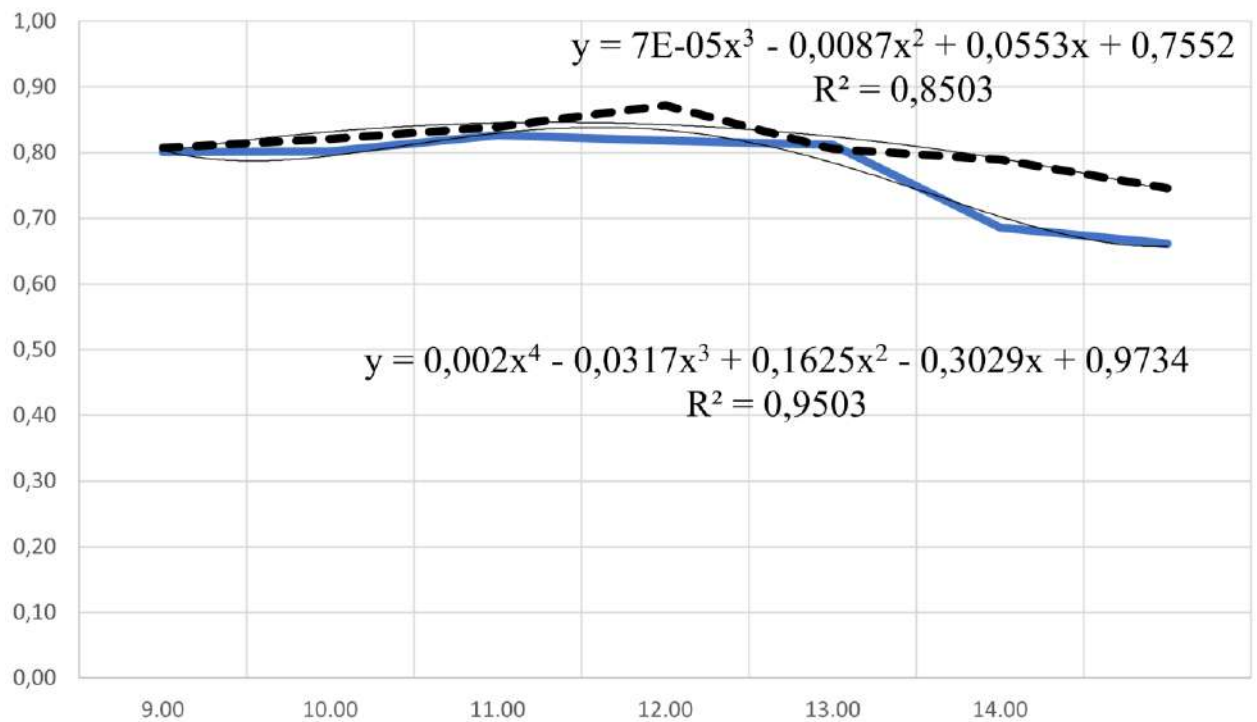


Рис. 4.7 Злежність точності виконання робіт Т₃ групою 22-40 рр. при суміщеному світлі CCT >5300К (пунктирна лінія) та 4100-5300К (суцільна лінія) в залежності від часу.

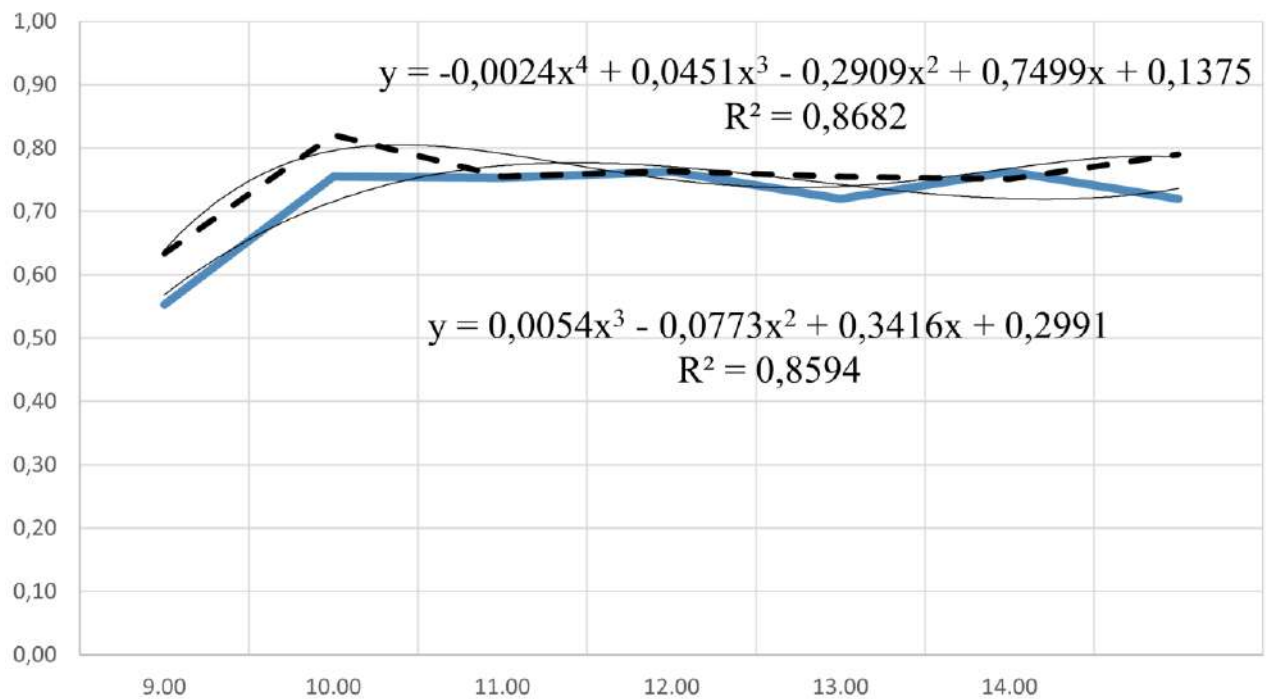


Рис. 4.8 Злежність точності виконання робіт Т₃ групою 41-60 рр. при суміщеному світлі CCT >5300К (пунктирна лінія) та 4100-5300 К (суцільна лінія) в залежності від часу.

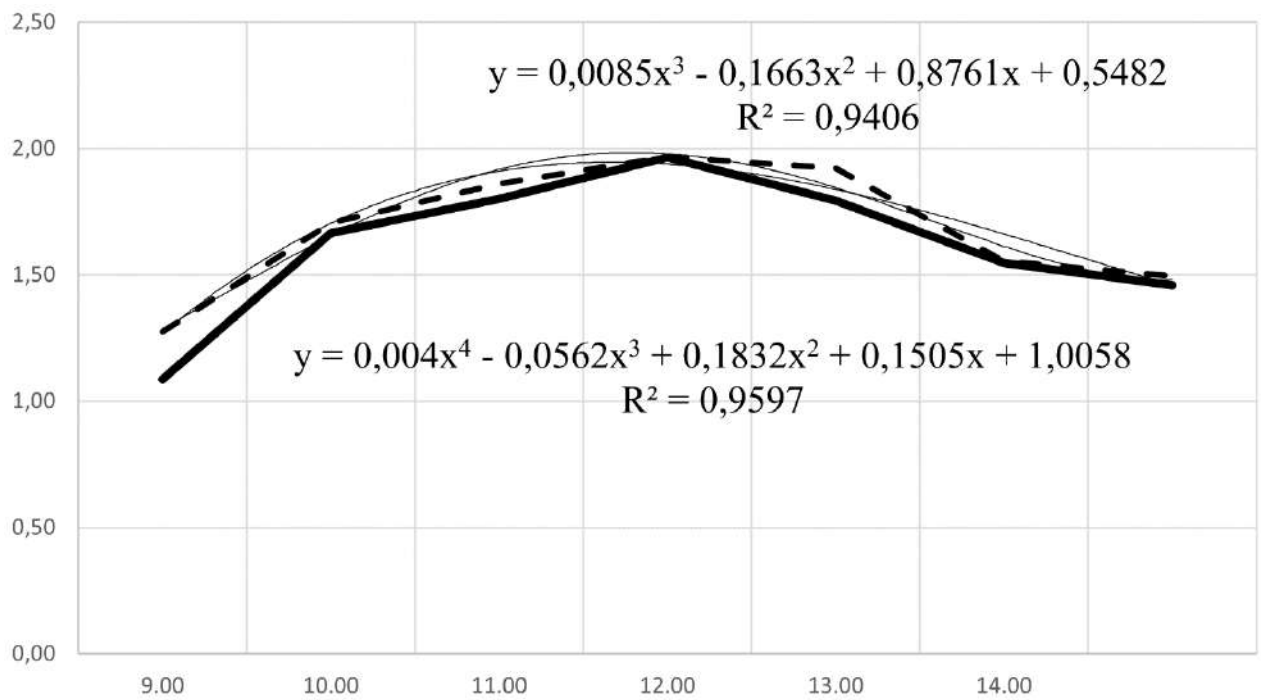


Рис. 4.9 Залежність швидкості обробки інформації Q групою 22-40 рр. при суміщеному світлі CCT >5300K (пунктирна лінія) та 4100-5300K (суцільна лінія) в залежності від часу.

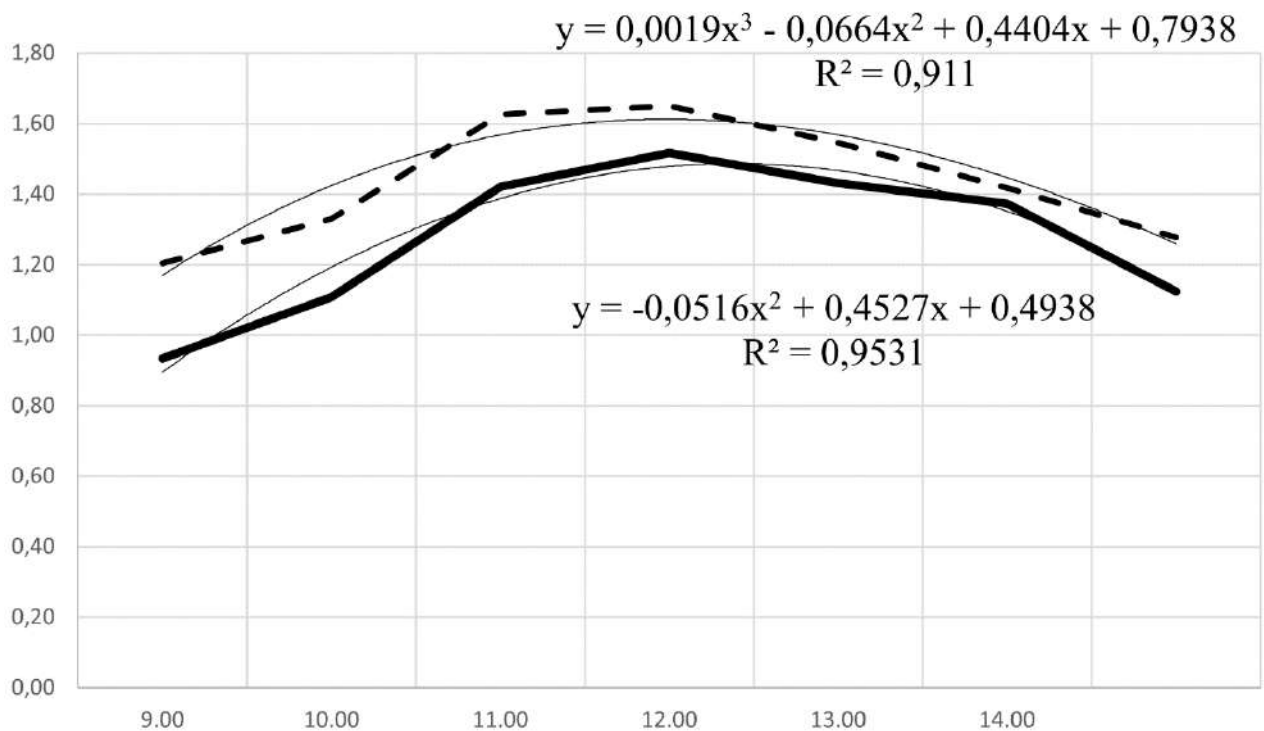


Рис.4.10 Залежність швидкості обробки інформації Q групою 41-60 рр. при суміщеному світлі CCT >5300K (пунктирна лінія) та 4100-5300K (суцільна лінія) в залежності від часу.

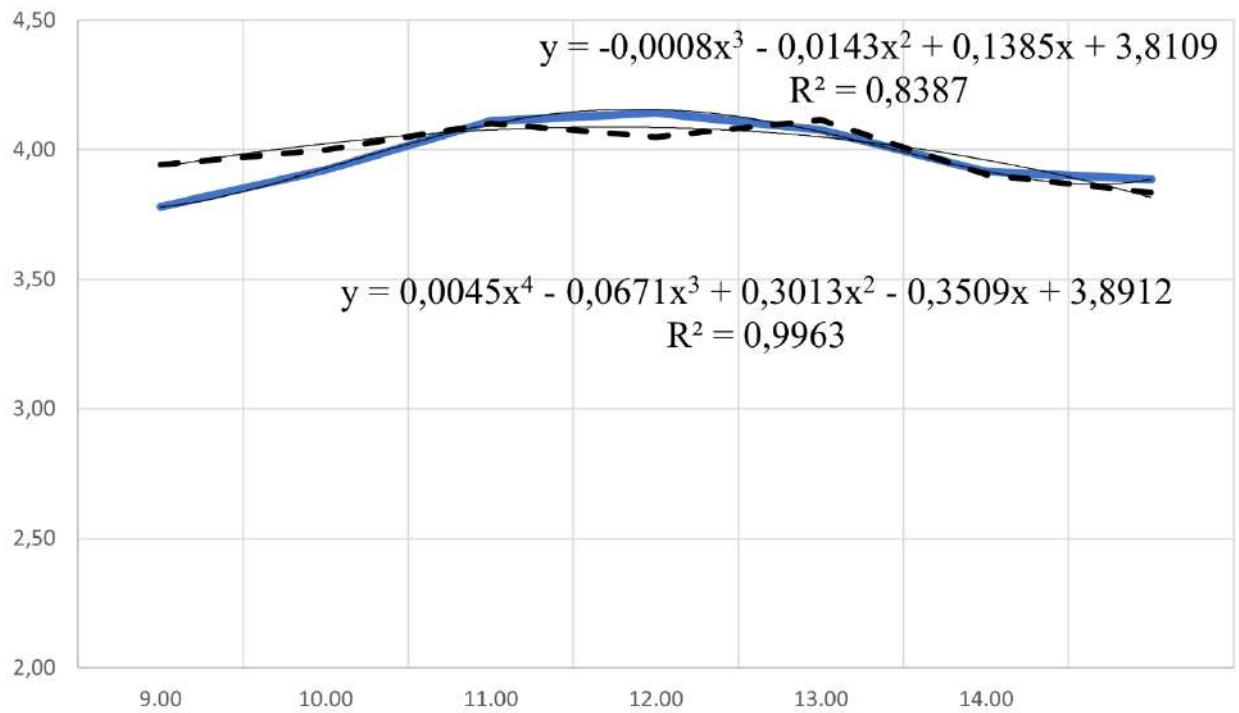


Рис. 4.11 Залежність розумової працездатності (Au) у групі 22-40 рр. при суміщеному світлі ССТ >5300 К (пунктирна лінія) та 4100-5300К (суцільна лінія) в залежності від часу.

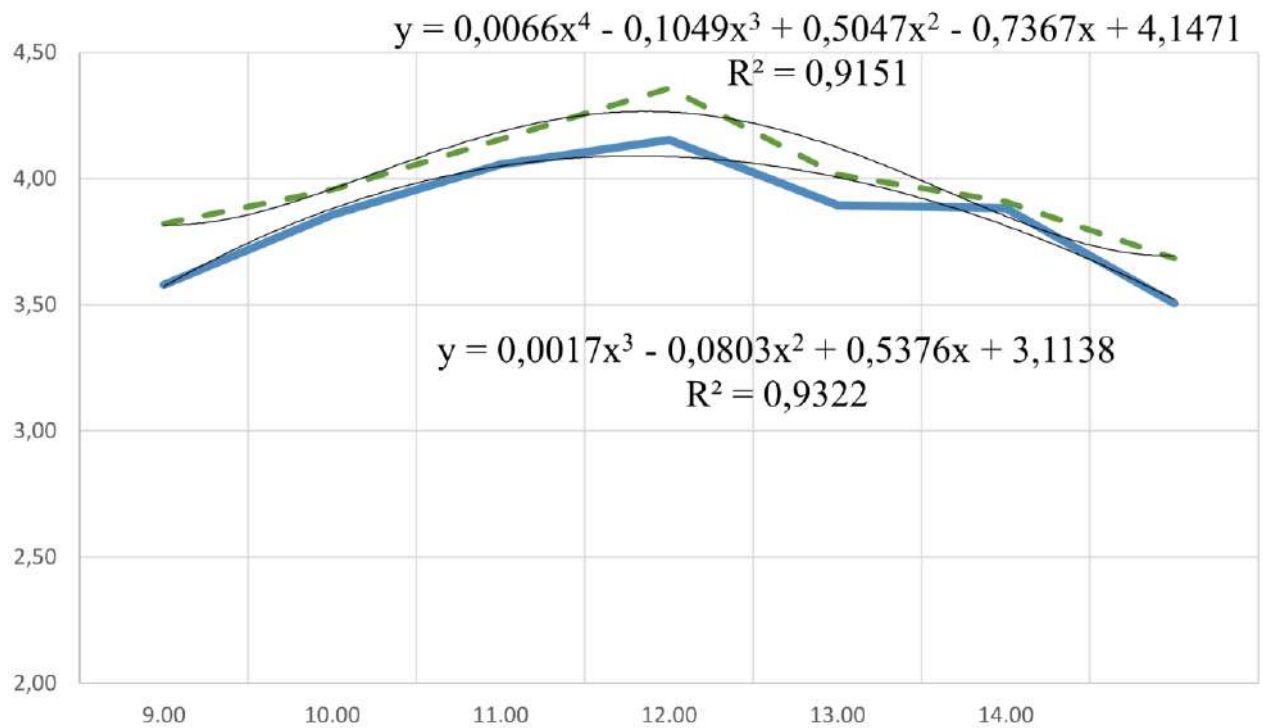


Рис.4.12 розумової працездатності (Au) у групі 41-60 рр. при суміщеному світлі ССТ >5300 К (пунктирна лінія) та 4100-5300 К (суцільна лінія) в залежності від часу.

На основі аналізу результатів виконання коректурної проби визначено підвищення показників точності виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації у період 9:00 – 13:00. Вказаний ефект пов'язаний з фізіологічною реакцією організму.

Дослідження зміни показників точності виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації за допомогою коректурної проби «кільця Ландольта» від часу показало зниження всіх трьох показників у період 13:00-15:00, що показує підвищення у цей період ризику травмування внаслідок неправильної візуальної оцінки робочого середовища, збільшення кількості помилок і зниження ефективності робіт високої візуальної складності, а також виникнення набутих хвороб внаслідок перенапруження систем зорового аналізатора.

Порівняльний аналіз результатів виконання коректурної проби показав більш високий рівень показників точності виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації за умов суміщеного освітлення холодної температури ($>5300\text{K}$), порівняно із змішаним колірної температури $4100\text{-}5300\text{K}$. Вказаний ефект найбільш значуще проявлявся у період 9:00-13:00 для вікової групи 41-60 рр. Це показує необхідність при теоретичних дослідженнях та при впровадженні систем ОС на підприємствах приділити увагу демографічному складу робітників та графіку їх роботи.

4.4 Метод самооцінювання працездатності та функціонального стану

Респондентам був запропонований структурований опитувальник, щоб визначити рівень їх задоволення, їх суб'єктивне відчуття освітленості, наявність як візуальних, так і невізуальних проблем на робочому місці, а також те, як ці фактори впливають на їхнє здоров'я та ефективність роботи. Таким чином, анкету було розбито на три частини, з яких перша включала 9 запитань щодо демографічної інформації (таблиця 4.1), друга: 6 запитань про сприйману якість освітлення, зорове відчуття та задоволеність якістю

світлового середовища, третя: 6 питань про проблеми зі здоров'ям, пов'язані з проблемами освітлення на робочому місці (таблиця 4.8). У структурованих питаннях було застосовано модифіковану чотириохбальну шкалу Лайкерта. В анкеті використовувалася проста термінологія, для більшої ясності та простоти до кожного розділу анкети було подано короткий вступ.

Основою для визначення структури опитувальника стали рекомендації Канадського центру охорони та безпеки праці в області ергономіки візуального середовища: модифіковане дослідження освітлення офісу (OLS) [212], які були впроваджені [213] та, згодом, вдосконалені [214]. Анкета була використана для визначення задоволеності респондентів під час перебування у різні інтервали робочого часу у різному світловому середовищі. Респондентів попросили оцінити свою згоду з кожним твердженням за 4 відповідями (так, швидше так, швидше ні, ні) шкала відповідей з ні нейтральний вибір. Поставлені питання та оцінка в OLS були описані в таблиці 4.3 та 4.5.

Таблиця 4.8

Анкета самооцінювання працездатності та функціонального стану.

Блок 2 та Блок 3

Блок питань	№, питання	Шкала оцінювання
Блок 2. Працездатність та вподобання	1. Мені подобається освітлення у приміщенні	Так = +3
	2. В цілому, освітлення у приміщенні є комфортним	Скоріш так = +2
	3. Освітлення цього кольору дозволяє мені виконувати різні завдання	Скоріш ні = +1
	4. В цьому освітленні я добре розрізняю кольори	Ні = 0
	5. Освітлення в цьому приміщенні занадто тепле	Ні = +3
	6. Освітлення в цьому приміщенні занадто холодне	Скоріш ні = +2
Блок 3. Симптоми втоми зорового аналізатора	7. Мій зір напружений	Скоріш так = +1
	8. Мої повікі важкі	Так = 0
	9. Я відчуваю сухість в очах	
	10. Я відчуваю подразнення очей	
	11. Робота при цьому освітленні викликає в мене головний біль	
	12. Мені важко розрізнити об'єкти на екрані	

Позитивні відповіді на запитання з блоку 2 (1-4) оцінювались по прямій шкалі (вищий бал показує більший рівень задоволеності). Відповідно, питання з блоку 2 (5-6) та питання блоку 3, що показують рівень дискомфорту від перебування в робочому середовищі, оцінювався за зворотною шкалою.

Тестом визначались наступні параметри: увага та безпека (УБ), задоволеність, візуальний комфорт та вподобання (ЗВВ) та працездатність (П). На табл. 4.9 наведено середнє значення та стандартне відхилення 6 параметрів:

Табл. 4.9

Параметри та шкала анкети самооцінювання працездатності та функціонального стану

Параметр, що оцінювався	Максимальне-Мінімальне значення можливе значення (бали)	
Увага та безпека (УБ)	0-9	Усього: 0-36
Задоволеність, візуальний комфорт, вподобання (ЗВВ)	0-21	
Працездатність (П)	0-6	

Результати анкетування, у яких не були дотримані передбачені значення освітлення або мікроклімату. Результати анкетування наведені у Додатку Д.

Середні значення параметрів самооцінювання по двом віковим групам для суміщеного освітлення денної колірної температури 4100-5300 К (ДЗО) та суміщеного освітлення холодної колірної температури $> 5300\text{K}$ (ХЗО) та результати обчислення стандартного (середньоквадратичного) відхилення d.f. наведені у таблиці 4.10.

Табл. 4.10

Значення параметрів, отримані в результаті опитування

Параметр, що оцінювався	Максимальне-Мінімальне значення	Середні значення та стандартні відхилення			
		ДЗО	d.f.	ХЗО	d.f.
$U_{\text{сер}}$	2-5	3,77	0,92	3,82	0,9
$ZBV_{\text{сер}}$	0-21	15,94	2,35	15,02	2,36
$P_{\text{сер}}$	0-6	2,84	0,71	2,67	0,69

Результати оцінювання респондентами параметрів УВ, ЗВВ та П були оброблені в залежності від:

- віку. Було виділено 2 вікові групи: 22-40 рр. та 41-60 рр.
- колірної температури суміщеного освітлення на робочому місці у час проведення експерименту. Вимірювання колірної температури здійснювалось за допомогою переносного хромометра CR-400;
- часу проведення опитування. Робочий час (з 9:00 до 15:00) був розділений на три періоди: ранковий (початок експерименту з 9:00 по 11:00), денний (з 11:00 по 13:00) та післяобідній (з 13:00 по 15:00). Проміжки були обрані відповідно із змінами фізіологічного та психологічного стану робітників під час робочого дня.

Результати розшифровки рівня самооцінювання уваги та безпеки (рис 4.13) показують, що, хоча оцінка холодного освітлення в обох вікових групах дещо вища, розбіжність із середнім результатом не перевищує середньоквадратичної похибки. Значущим результатом ($F(2,150) = p < 0.05$) є зниження рівня УВ у період з 13:00 по 15:00 для обох вікових груп.

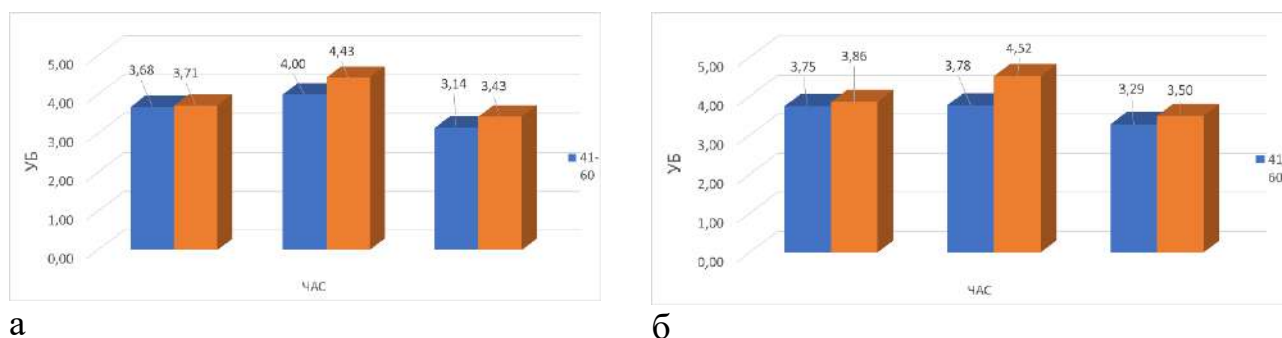


Рис. 4.13 Результати самооцінювання рівня уваги та безпеки (УВ) при суміщеному освітленні денного (а) та холодного (б) спектру в залежності від проміжку часу.

Результати порівняння рівня задоволення, візуального комфорту та вподобань (ЗВВ) показують, що вікова група 41-60 рр. є психологічно значно більш чутливою до дії світлових факторів. Рівень ЗВВ залишався при цьому незмінним в межах середньоквадратичної похибки для обох вікових груп протягом усього робочого дня і свідчить про більший рівень вподобання в обох

вікових групах для суміщеного освітлення із спектром, наближеним до спектра природного денного світла (рис. 4.14).

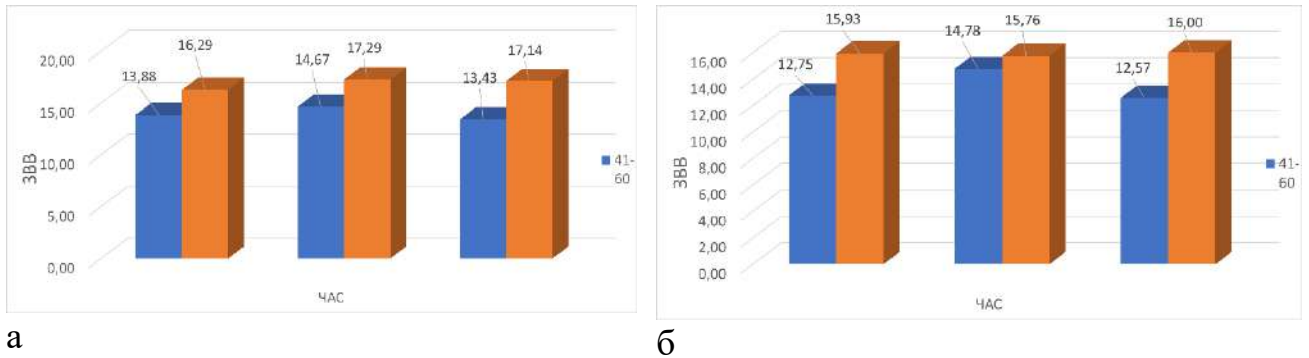


Рис. 4.14 Результати самооцінювання рівня задоволення, візуального комфорту та вподобань (ЗВВ) при суміщеному освітленні денного (а) та холодного (б) спектру в залежності від проміжку часу.

Аналіз показників самооцінювання за параметром працездатності (П) показав, що обидві вікові групи вважають свою працездатність вищою саме при освітленні холодного спектра (рис.4.15).

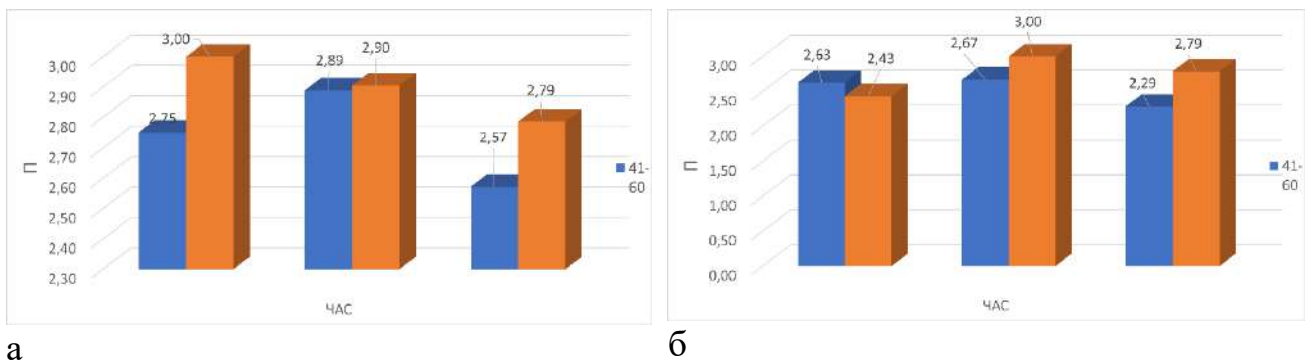


Рис. 4.15 Результати самооцінювання рівня працездатності (П) при суміщеному освітленні денного (а) та холодного (б) спектру в залежності від проміжку часу

Найбільш розбіжність у результатах самооцінювання показників УВ, ЗВВ та П між двома віковими групами спостерігається у післяобідній (з 13:00 по 15:00) період часу.

Дослідження результатів самооцінювання працівниками працездатності та функціонального стану показали, що статистично значний вплив на рівень самооцінювання уваги та безпеки, візуального комфорту та вподобань, працездатності при суміщеному освітленні оказує час, коли проводиться анкетування.

Дослідження візуальних вподобань показали, що більший рівень задоволеності досягається при суміщеному освітленні колірної температури 4100-5300K, порівняно із суміщеним освітленням холодного спектра (CCT >5300K).

Самооцінювання рівня працездатності показало, що працівники оцінюють свій рівень працездатності як більш високий, при суміщеному холодному освітленні.

4.5 Впровадження комплексної методики оцінки впливу освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової складності

4.5.1 Впровадження на підприємстві «Енерго-інноваційний Хаб» (м. Дніпро)

На основі результатів проведених досліджень впливу світлового середовища на безпеку праці нами була розроблена методика «Оцінка впливу освітлення на безпеку праці, працездатність та психофізіологічний стан працівників», при виконанні робіт високої зорової складності категорією працівників «проектувальники та конструктори», визначеної нами згідно аналізу Державного класифікатора професій ДК 003:2010 (див. Розділ 2). Тому, виникла необхідність на основі одержаних теоретичних досліджень та практичного обґрунтування впровадити розроблену методику на виробництві.

Методика була використана в ході виконання наступних реалізованих проєктів Енерго-інноваційним Хабом ННІ ПДАБА УДУНТ у рамках «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (FEER), що реалізується в Україні Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням уряду Німеччини.

- Проєкт 101127884 – The BRIDGE. Подолання розриву між університетом і промисловістю.
- Проєкт 101082898 – UKRENERGY, що співфінансується Європейським Союзом: «Інноваційні магістерські курси на підтримку

покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України» - інноваційна магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі.

При комплексній оцінці впливу світлового середовища при реалізації комплексної оцінки безпеки заходів енергоефективного напрямку було використано розроблений алгоритм оцінки зорового комфорту, працездатності та безпеки праці з урахуванням впливу природнього та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової точності [215-217].

Запропонований алгоритм оцінки безпеки праці, працездатності та зорового комфорту з урахуванням впливу природнього та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової точності, передбачав наступні етапи оцінки світлового середовища:

1 етап – проводиться дослідження параметрів світлового середовища, у приміщенні (або його проєкті) де виконуються (або мають виконуватись) зорові роботи високої точності. При цьому:

- фіксуються характеристики приміщення, які впливають на характеристики світлового середовища: географічне розташування будівлі, лінійні розміри, оконні отвори та їх заповнення, орієнтація фасаду тощо.
- виконується інструментальне вимірювання рівня освітленості та КПО. За неможливості – розробляється математична модель оцінки параметрів світлового середовища.
- отримані параметри якості моделі світлового середовища фіксуються та порівнюються з діючими санітарними нормами.

2 етап – передбачає комплексну оцінку впливу світлового середовища середовища на безпеку праці, працездатність та зоровий комфорт робітників, що виконують в цьому приміщенні зорові роботи високої точності.

Використання результатів застосування методики комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт високої зорової точності успішно використана у практиці діяльності Енерго-інноваційного Хабу, що довело

важливу науково-теоретичну та прикладну значущість досліджень світлового середовища для підвищення рівня безпеки та працездатності працюючих під час виконання робіт високої точності, при розробці проєктів по підвищенню енергетичної ефективності під час бідувництва та реконструкції робочих приміщень. Впровадження дозволило одержати соціальний ефект: за рахунок використання методики дозволяє ефективно визначити відповідність розроблених проєктів санітарно-гігієнічним нормативам [218] та знизити ризик травматизму та виникнення набутих професійних хвороб [219-225].

Акт впровадження додається (Додаток Е).

4.5.2 Впровадження на кафедрі архітектури ННІ ПДАБА УДУНТ

Враховуючи напрям виконання досліджень при оцінці впливу світлового середовища на виконання проєктних робіт в спеціалізованих приміщеннях для дипломного проєктування та макетування запропонована методика була впроваджена для дослідження якості світлового середовища в навчально-комп'ютерній аудиторії №406. На рис. 4.16 наведені фрагменти математичної моделі та результати розрахунку КПО. Акт впровадження додається (Додаток Е).

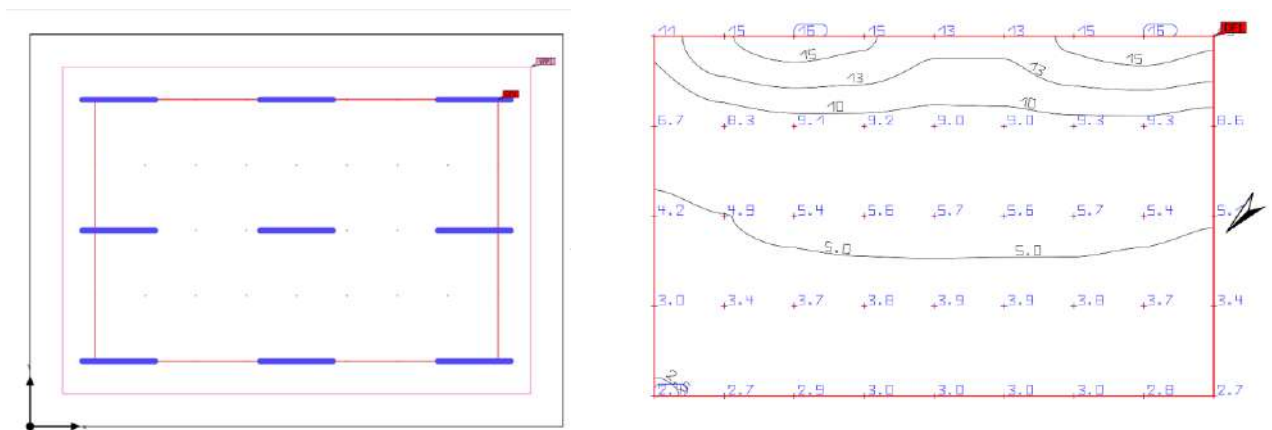


Рис. 4.16. а) схема розміщення світильників в ауд 406;

б) сітка КПО для березня місяця

Висновки до розділу 4:

1. На основі проведених досліджень при оцінці впливу світлового середовища на безпеку праці, працездатність та візуальний комфорт працівників при виконанні робіт високої зорової складності проведене обґрунтування складу досліджуваної групи та умов проведення експерименту.
2. Проведений аналіз статистичних закономірностей та математичне моделювання рівня освітленості на робочому місці експериментального приміщення показав, що реальний рівень середньомісячної освітленості суттєво залежить від географічної широти місяця проведення дослідження.
3. Визначено, що при неможливості провести інструментальні вимірювання, з урахуванням кількості днів з суцільною захмареністю на місяць для місцевості, де знаходиться об'єкт, доцільним є застосування методу математичного моделювання.
4. Результати проведених нами досліджень зміни фізіологічних показників (пульс, рівень артеріального тиску) підтверджують закономірність залежності зміни фізіологічних показників від періоду робочого часу, що впливає на розумові функції. Результати виконання коректурної проби «Кільця Ландольта» підтвердили вказаний ефект.
5. На основі співставлення одержаних нами результатів досліджень зміни фізіологічних показників в залежності від колірної температури суміщеного освітлення у робочому приміщенні встановлено що холодний спектр суміщеного освітлення у робочому приміщенні (CCT >5300 K) сприяє зниженню рівня збудження, і, як наслідок, зменшенню рівня напруження при виконанні робіт високої зорової складності. Вказаний ефект викликає зниження рівня показників точності виконання робіт, розумової працездатності, що показує підвищення у цей період ризику травмування внаслідок неправильної візуальної оцінки робочого середовища, збільшення кількості помилок і зниження ефективності робіт високої зорової складності, а також виникнення набутих хвороб внаслідок перенапруження систем зорового аналізатора.

6. Порівняльний аналіз результатів виконання коректурної проби показав більш високий рівень показників точності виконання робіт, розумової працездатності та швидкості обробки інформації за умов суміщеного освітлення холодної температури ($CCT > 5300K$), порівняно із суміщеним освітленням колірної температури 4100-5300K. Вказаний ефект найбільш значуще проявлявся у період 9:00-13:00 для вікової групи 41-60 рр., що підтверджує необхідність при теоретичних дослідженнях та при впровадженні систем ОС на підприємствах приділити увагу демографічному складу робітників та графіку їх роботи.

7. Аналіз візуальних вподобань показали, що більший рівень задоволеності досягається при зсуміщеному освітленні колірною температурою 4100-5300K, порівняно із суміщеним освітленням холодного спектра ($CCT > 5300K$).

8. Самооцінювання рівня працездатності показало, що працівники оцінюють свій рівень працездатності як більш високий, при суміщеному холодному освітленні.

9. Визначені закономірності рівня середньомісячної освітленості для Дніпропетровської області. Отримані залежності, які дозволяють організовувати освітлення робочих місць з урахуванням впливу світлового середовища на увагу, психофізіологічний стан та працездатність робітників.

10. Визначено математичні залежності рівня уваги, працездатності, візуальних вподобань для різних вікових груп в залежності

11. Розроблена методика була впроваджена в виробничий процес Енерго-Інноваційного Хабу (м. Дніпро), у процес розробки проєктних рішень ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ», робочий процес кафедри архітектури ННІ ПДАБА УДУНТ, навчальний процес кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІ ПДАБА УДУНТ.. Впровадження дозволило одержати соціальний ефект завдяки зниженню рівня ризику виробничого травматизму та виникнення професійно сумовлених хвороб.

У розділі 4 використані [200...225] літературні джерела. Їх найменування наведені в загальному списку використаних джерел.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. На основі аналізу травматизму та профзахворювань в Україні і світі виявлено тенденцію, що останні роки серед причин нещасних випадків переважають організаційні (60-70%, в деяких областях більше 80%), психофізіологічні (24,3-32,4%), технічні (3,45%).
2. Встановлено, що підвищення ролі автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів в Україні і світі останніми роками викликало розширення групи набутих хвороб, пов'язаних з виконанням робіт високої точності, що вимагають значного напруження зорового аналізатора.
3. Встановлено, що при проведенні модернізації виробництв будівельної галузі в проєктних рішеннях увага приділяється зниженню негативних впливів різних виробничих факторів (шум, вібрація, інфразвук, ультразвук, випромінювання та ін.). В той же час на постійних робочих місцях не проводиться комплексна оцінка світлового середовища з урахуванням удосконалення світлових систем за світловим критерієм.
4. Встановлено, що нормативна база України не дозволяє проводити комплексну оцінку якості світлового середовища на робочих місцях і оцінити його вплив на здоров'я і працездатність робітників, що проводять зорові роботи високої складності. Обґрунтовно необхідність та доцільність оцінки світлового середовища у виробничих приміщеннях з урахуванням зорової складності робіт та подальшим визначенням критеріїв оцінки.
5. На основі проведених нами досліджень та аналізу професій працівників за класифікатором ДК 003:2010 вперше запропоновано виділити групу працівників професій, що були визначені як споріднені за критерієм характеристики зорових робіт високої складності. В подальших дослідженнях цій групі професій нами було надано назву «проєктувальники та конструктори».
6. Вперше запропоновано оцінку візуального середовища проводити за наступними критеріями:

- забезпечення безпеки з урахуванням впливу світлового середовища на їх фізичний та психофізіологічний стан працівників;

- зорової працездатності;

- зорового комфорту.

7. Розроблена структурна модель проведення досліджень впливу світлового середовища на психофізіологічний стан людини та проведено обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність, та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

8. Розроблен алгоритм оцінки покрокового впливу світлового середовища на психофізіологічний стан людини та проведено обґрунтування методики оцінки впливу світлового середовища у виробничих приміщеннях на безпеку праці, працездатність, та комфорт з урахуванням психофізіологічного стану працюючих.

9. На основі проведених інструментальних та теоретичних досліджень встановлено закономірності, які з високим рівнем достовірності (86-98%) дозволяють прогнозувати характеристики світлового середовища на робочих місцях з урахуванням робіт підвищеної зорової складності, планування та обшштування приміщень.

10. На основі проведених досліджень та аналізу методик досліджень світлового середовища нами вперше розроблена комплексна методика, яка враховує одночасну оцінку впливу на безпеку праці, працездатність, комфорт та психофізіологічний стан.

11. Розроблена методика була впроваджена в виробничий процес Енерго-Інноваційного Хабу (м. Дніпро), у процес розробки проєктних рішень ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ», робочий процес кафедри архітектури ННІ ПДАБА УДУНТ, навчальний процес кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІ ПДАБА УДУНТ. Впровадження дозволило одержати соціальний ефект завдяки зниженню рівня ризику виробничого травматизму та виникнення професійно зумовлених хвороб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. International Labour Organization (2019) Safety and Health at the Heart of The Future of Work [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_686645.pdf.
2. Фонд соціального страхування України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/doccatalog/list?currDir=951795&documentList_stind=101.
3. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/oz_rik/oz_u/arch_travm_na_vyrob.htm.
4. Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zolochiv.net/suchasnyy-stan-okhorony-pratsi-vukraini-ta-za-kordonom>.
5. Статистика Всесвітньої організації праці [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ilostat.ilo.org>.
6. ФССУ: Кількість профзахворювань збільшилася на 31,6% за річними підсумками Фонд соціального страхування України, опубліковано 01 лютого 2022 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/fssu-kilkist-profzakhvoryuvan-zbilshilasya-na-316-za-richnimi-pidsumkami>.
7. World Health Orgatization: Risks in ambient work environment [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.who.int/tools/occupational-hazards-in-health-sector/risks-in-ambient-work-environment>.
8. Graham, M.; Hjorth, I; Lehdonvirta, V. 2017. “Digital labour and development: Impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods”. European Review of Labour and Research, Vol. 23, No. 2, P. 135–162.

9. Fraade-Blanar LA, Sears JM, Chan KC, Thompson HJ, Crane PK, Ebel BE. Relating Older Workers' Injuries to the Mismatch Between Physical Ability and Job Demands. *J Occup Environ Med.* 2017 Feb;59(2):212-221. doi: 10.1097/JOM.0000000000000941.

10. Чому гинуть будівельники. Про працівників будівництва та промисловості будівельних матеріалів, які загинули на підприємствах і будівельних майданчиках галузі у 2017-2019 роках. – К.: «Профінформ» ФПУ, 2021. – 48 с.

11. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Постанова Кабінету Міністрів України № 337 від 17.04.2019 р. (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 1 від 05.01.2021, № 1350 від 02.12.2022).

12. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2021 рік. Аналіз нещасних випадків [Електронний ресурс]. Фонд соціального страхування України. Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/974800>

13. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2020 рік. Аналіз нещасних випадків. Фонд соціального страхування України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/974800>

14. Державна служба України з питань праці. Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dsp.gov.ua/stanvyrobnychoho-travmatyzmu/>.

15. Стан охорони праці в Україні: економія на безпеці й зростання професійних захворювань [Електронний ресурс]. Профспілка освіти і науки України. Режим доступу: <https://pon.org.ua/novyny/4608-stan-oxoroni-pracivukrayini-ekonomiya-na.html>.

16. Травматизм. Статистика. Причини [Електронний ресурс]. Державна служба України з питань праці. Режим доступу: <https://dsp.gov.ua/operatyvna-informatsiia>.

17. Ніпіаліді О., Васильчишин О. Сучасний стан охорони праці в Україні у контексті забезпечення її інноваційного розвитку. Актуальні проблеми правознавства. 2020. № 1 (21).
18. Magnavita N, Chirico F. New and emerging risk factors in occupational health. *Appl Sci*. 2020;10(24):8906. DOI: 10.3390/app10248906.
19. 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.
20. Siegrist J, Rödel A. Work stress and health risk behavior. *Scand J Work Environ Health*. 2006;32(6):473–81. 10.5271/sjweh.1052.
21. Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey – Overview Report (2017 Update). Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. 10.2806/422172.
22. Кокун О. М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності: Монографія. – К.: Міленіум, 2004. – 265 с. ISBN 966-8063-40-4.
23. Man, Dariusz & Olchawa, Ryszard. (2018). The Possibilities of Using BCI Technology in Biomedical Engineering. 10.1007/978-3-319-75025-5_4.
24. Сталий розвиток суспільства: навчальний посібник / авт.: А. Садовенко, Л. Масловська, В. Середа, Т. Тимочко. – 2 вид. – К.; 2011. – 392 с.
25. Беліков А.С., Сафонов В.В., Чередниченко Л.А., Капленко Г.Г., Приходченко В.І., Шаранова Ю.Г. Посібник до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломному проекті (роботі) для студентів усіх напрямів підготовки денної та заочної форм навчання. - Дніпропетровськ: ДВНЗ ПДАБА, 2015 – 60 с.
26. Аналіз травматизму та загибелі людей через порушення вимог безпеки в Україні / А. С. Беліков, О. П. Тодоров, О. В. Шиба, В. М. Журбенко // Український журнал будівництва та архітектури. Дніпро – 2023. – № 5. – С. 55-64.

27. Журбенко, В., Саньков, П., Нажа, П. (2021). Актуальність вивчення впливу візуальних чинників міського середовища на здоров'я жителів індустріальних міст // Scientific Collection «InterConf+»: International Scientific Discussion: Problems, Tasks and Prospects (October 21-22, 2021, Brighton, Great Britain). InterConf, (81), Pp.271-277. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.10.2021.034>
28. Dominic Ffytche, Jan Dirk Blom, Marco Catani. Neuropsychiatry Review series: Disorders of Visual perception. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 2010, 81 (11), pp.1280. [ff10.1136/jnnp.2008.171348](https://doi.org/10.1136/jnnp.2008.171348)ff.
29. Girkin, C. A. and N. R. Miller, Central disorders of vision in humans. Surv Ophthalmol, 2001. 45(5): p. 379-405.
30. The International Agency for the Prevention of Blindness (IAPB) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iapb.world/>.
31. Global Myopia Awareness Colation. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iapb.world/gmac>.
32. Jamrozik A., Ramos C., Zhao J., et al. A novel methodology to realistically monitor office occupant reactions and environmental conditions using a living lab. Building and Environment. 2018;130:190–199. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.12.024.
33. Hawes, Breanne & Brunyé, Tad & Mahoney, Caroline & Sullivan, John & Aall, Christian. (2012). Effects of four workplace lighting technologies on perception, cognition and affective state. International Journal of Industrial Ergonomics. 42. 122–128. 10.1016/j.ergon.2011.09.004.
34. Hygge, Staffan & Knez, Igor. (2001). Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. Journal of Environmental Psychology. 21. 291-299. 10.1006/jevp.2001.0222.
35. Mewomo, Modupe & Toyin, James & Iyiola, Comfort & Aluko, Olusola. (2021). The Impact of Indoor Environmental Quality on Building Occupants Productivity and Human Health: A Literature Review.

36. Держстат України [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_WORKPLACE_TRAUMATISM%285.0.0%29&filter=VICT_ACD_RLT_PRD_FTL.%2A.%2A.%2A.%2A.
37. Hambach, R.; Droste, J.; François, G. et al. 2012. "Work-related health symptoms among compost facility workers: a cross-sectional study". Arch. Publ. Health 70(13):0778–0736(2012).
38. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P., Nazha, P. (2023). The Influence of the Visual Factor on the Efficiency of Visualization Method in the Production Environment. In: Gomes Correia, A., Azenha, M., Cruz, P.J.S., Novais, P., Pereira, P. (eds) Trends on Construction in the Digital Era. ISIC 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 306. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22.
39. Rodriguez R. G., Dumit C., Del Rosso R. M., Peterle A., Staneloni A., Pattini A. Field study on visual and cognitive stressors in visual display terminal office work. International Journal on Working Condition. 2014;8:128–148.
40. Журбенко, В., Бєліков, А., Саньков, П., & Апанасенко, А. (2021). Роль впливу візуального середовища на психофізіологічні особливості безпеки праці. // I International Scientific and Theoretical Conference «Features of the development of modern science in the pandemic's era» (P. 40-42), Berlin, DEU (December 3, 2021).
41. L. Bellia, F. Bisegna, and G. Spada, "Lighting indoor environment: visual and non-visual light sources with different spectral power distribution," Building and Environment, vol. 46, pp. 1984-1992, 2011.
42. Altomonte, S. "Daylight and the Occupant, Visual and psycho-physiological well-being in built environment," presented at 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, 22-24 June, 2009.
43. C.L. Robbins, Daylighting: Design and Analysis, New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
44. G. Vandewall, et al., "Daytime light exposure dynamically enhances brain responses," Curr Biol, vol. 16(16), pp.1616–21, 2006.

45. Мізеров М. М. Структурно-функціональна організація управління фізичним станом організму студентів: Автореф. дис. ...д-ра біол. наук: 14.03.26 / Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова. – К., 1996. – 33 с.
46. European commission: Energy Efficiency Directive [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en.
47. Department of Standards Malaysia. MS 1525: 2007. Malaysian Standard: Code of Practice on Energy Efficiency and Use of Renewable Energy for Non-Residential Buildings, 1st Revision. Cyberjaya, Malaysia: Department of Standards Malaysia; 2007.
48. Foster, R.G., Provencio, I., Hudson, D. et al. Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd). *J Comp Physiol A* 169, 39–50 (1991). DOI: 10.1007/BF00198171.
49. Brennan, R., Jan, J. & Lyons, C. Light, dark, and melatonin: emerging evidence for the importance of melatonin in ocular physiology. *Eye* 21, 901–908 (2007). DOI: 10.1038/sj.eye.6702597.
50. Aries MBC. Human lighting demands, healthylighting in an office environment. PhD thesis. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, 2005.
51. Безкоровайна, І. М., Ряднова, В. В., Воскресенська Л. К. Б 39 Офтальмологія : Навчальний посібник для студентів вищих медичних закладів III–IV рівнів акредитації. – Полтава : Дивосвіт, 2012. – 248 с. : іл., 64 с. вкл. ISBN 9786176330455.
52. R. Snell, *Clinical Anatomy of the Eye*, (2nd ed.), M.A. Malden, ed., Wiley-Blackwell, 1997.
53. R. Dawkins, *The Greatest Show on Earth: The Evidence for Evolution*, (1st ed.), Bantam Books, 2009.
54. Harb, Francine & Hidalgo, Maria Paz & Martau, Betina. (2014). Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and

depressive symptoms. *Chronobiology international*. 32. 1-8. 10.3109/07420528.2014.982757.

55. Kattman, Braden & Corbin, Thomas & Moore, Larry & Walsh, Leonard. (2012). Visual workplace practices positively impact business processes. *Benchmarking: An International Journal*. 19. 10.1108/14635771211243021.

56. Buracas, Giedrius & Albright, Thomas. (2009). Modulation of neuronal responses during covert search for visual feature conjunctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106. 16853-8. 10.1073/pnas.0908455106.

57. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P., Аранасенко, А.: «Роль впливу візуального середовища на психофізіологічні особливості безпеки праці». *SCIENTIA* (2021) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/17103>.

58. Filin V.A. Problem of ecology of urban visual environment. *Ecological complexity and sustainability. Abstract of EcoSummit 2007. May 22-27. 2007. Beijing. China*. p. 88.

59. D. Purves et al, "Types of Eye Movements and Their Functions," *Neuroscience* 2nd ed., Sinauer Associates, Inc, 2001.

60. ДБН В.2.5-28:2018 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.

61. ДСТУ EN ISO 9241-306:2008 (EN ISO 9241-306:2008 "Ergonomics of human-system interaction") Ергономіка взаємодії людина-система.

62. 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.

63. Guide to DIN EN 12464-1, Lighting of work places – Part 1: Indoor work place. *Fördergemeinschaft Gutes Licht*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://en.licht.de/fileadmin/Publications/>.

64. Ölzer AI, Kitada M, Dalaklis D, et al. Trends and challenges in maritime energy management. Springer, 2018;6 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.springer.com/gp/book/9783319745756> (accessed: 5.04.2019). DOI: 10.1007/978-3-319-74576-3.

65. Non-domestic building services compliance guide 2022 v1.1 - February 2023 Report Prepared by: Building Standards Division Directorate for Local Government and Housing The Scottish Government. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gov.scot/publications/non-domestic-building-services-compliance-guide-2022/>.

66. Technische Regeln für Arbeitsstätten Beleuchtung. ASR A3.4. Bundesrecht. Vom 29. April 2011 (GMBI S. 303). Zuletzt geändert durch die Bek. vom 10. April 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.arbeitssicherheit.de/schriften/dokument/0%3A4401370%2C1.html>.

67. de Bruin-Hordijk T., de Groor E. Lighting in schools. 2012:10. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docplayer.net/13848599-Lighting-in-schools-truus-de-bruin-hordijk-1-en-elliede-groot-2-1-climate-design-building-physics-facultyof-architecture-tu-delft-the-netherlands.html>.

68. Daylight calculations and measurements. VELUX. VKR Holding A/S [DK]. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.velux.com/deic/daylight/daylight-calculations-andmeasurements#section1.7.1>.

69. EN 15193-1 Energy Performance of Buildings – Energy Requirements for Lighting.

70. BS EN 15232:2017 – “Energy performance of buildings – impact of building automation, controls and building management”.

71. BS EN 12464-1 Society of Light and Lighting (SLL) Code for Lighting.

72. BS 8493:2008+A1:2010 Light reflectance value (LRV) of a surface. Method of test.

73. Журбенко В.М. Роль впливу візуального середовища на безпеку робіт високої зорової складності // *Integration of Education, Science and Business*

in Modern Environment: Summer Debates: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, August 3-4, 2023. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 570 p. – P. 217-219.

74. Журбенко В. М. Дослідження візуального середовища з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності та безпеки праці // *Безпека життєдіяльності в XXI столітті: XX Всеукраїнська студентська науково-практична конференція* (17 – 18 квітня 2024) – Дніпро: ПДАБА, 2024. – С. 6-8.

75. Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zoloхiv.net/suchasnyy-stan-okhorony-pratsi-vukraini-ta-za-kordonom>.

76. Охорона праці в Україні та за кордоном: система менеджменту охорони здоров'я та професійної. [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: / <https://oppb.com.ua/articles/ohorona-praci-v-ukrayini-ta-za-kordonom-systema-menedzhmentu-okhorony-zdorovya-ta>.

77. Commission Regulation (EC) No 244/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/244/oj/eng>.

78. Energy Independence and Security Act of 2007 – Title I: Energy Security Through Improved Vehicle Fuel Economy - Subtitle A: Increased Corporate Average Fuel Economy Standards. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.congress.gov/bill/110th-congress/house-bill/6>.

79. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 липня 2008 р. № 632 “Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми “Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі” (Офіційний вісник України, 2008 р., № 52, ст. 1738).

80. А.С. Войціховська, О.М. Цигульова, О.З. Гладчук Аналітичний звіт про оцінювання обсягів ртутьвмісних відходів та рекомендації щодо впровадження мінаматської конвенції в Україні. ФОП Дмитрів А.Я. – Львів. 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://eco-initiatives.org.ua/uploads/2019-05/zvit.pdf>.

81. Pityakov Alexander, Neezhmakov Paul, «Fotobiologichna bezpeka osvityluval'nykh pryladiv medychnoho przyznachennya [Photobiological safety of medical lighting fixtures]», Multidisziplinäre Forschung: Perspektiven, Probleme und Muster, Wien, pp.126-127, April 2021. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-09.04.2021.v1.42>

82. Желязков Є. О. Вплив джерел синього світла в освітлювальних установках на циркадні ритми людини // Мікросистеми, Електроніка та Акустика. - 2021. - 26, № 2.

83. Juslén H., Tenner A. Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace. International Journal of Industrial Ergonomics. 2005;35(9):843–855. doi: 10.1016/j.ergon.2005.03.002.

84. van Bommel W. J. M., van den Beld G. J. Report on lighting for work: visual and biological effects. Philips Lighting, The Netherlands, November 2018, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.2367&rep=rep1&type=pdf>.

85. Wilkins A. J., Nimmo-Smith I., Slater A. I., Bedocs L. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. Lighting Research and Technology. 1989;21(1):11–18. doi: 10.1177/096032718902100102.

86. Directive 2002/95/EC Of The European Parliament And Of The Council of 27 January 2003 “On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment” [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20081222010735/http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0019:0023:EN:PDF>.

87. Roethlisburger FJ, Dickson WJ: Management and the Worker. Harvard University Press; 1939.
88. Snow CE: Research on Industrial Illumination. The Tech Engineering News 1927.
89. Wilkins A. J., Nimmo-Smith I., Slater A. I., Bedocs L. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. Lighting Research and Technology. 1989;21(1):11–18. doi: 10.1177/096032718902100102
90. Kuller R., Laike T. The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal. Ergonomics. 1998;41(4):433–447. doi: 10.1080/001401398186928.
91. Wilkins A., Huang J., Cao Y. Visual stress theory and its application to reading and reading tests. Journal of Research in Reading. 2004;27(2):152–162. doi: 10.1111/j.1467-9817.2004.00223.x.
92. Гвозденко Л. А., Тихонова Н. С., Чередніченко І. Н., Беседа О. Ю., Леоненко Н. С. Фізіологічні реакції організму при дії світла енергозберігаючих систем освітлення ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ
93. Ishihara A, Courville AB, Chen KY. The Complex Effects of Light on Metabolism in Humans. Nutrients. 2023 Mar 14;15(6):1391. doi: 10.3390/nu15061391.
94. Bisley, James. (2011). The neural basis of visual attention. The Journal of physiology. 589. 49-57. 10.1113/jphysiol.2010.192666.
95. Pauley S. M. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. Medical Hypotheses. 2004;63(4):588–596. doi: 10.1016/j.mehy.2004.03.020.
96. Національний класифікатор України. Класифікатор професій ДК 003:2010. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text>.
97. ДСанПІН 3.3.2.007-98 “Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>.

98. Наказ МОЗ №2205 від 25.09.2020 “Про затвердження Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти” [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20#Text>.

99. Природне і штучне освітлення : ДБНВ.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01 до 2019-02-28] / Держбуд України. К. : Укрархбудінформ, 2006. 76 с.

100. Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення : ДБНВ.2.5-28-2006. Зміна № 2 [Чинна з 2012-09-01 до 2019-02-28] / Мінрегіон України. К. : Укрархбудінформ, 2012. 32 с.

101. Egorchenkov, Volodymyr & Koval, Lydia & Radomtsev, Dmytro & Sergeychuk, Oleg. (2019). Development of energy efficiency issues in DBN V.2.5-28: 2018 "Natural and artificial lighting". Energy-Efficiency in Civil Engineering and Architecture. 7-19. 10.32347/2310-0516.2019.12.7-19.

102. ДСНіП «Санітарно-протиепідемічні вимоги до новозбудованих, реставрованих і реконструйованих закладів охорони здоров'я» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0562-23#Text>.

103. ДСТУ Б В.2.2-6-97 (ГОСТ 24940-96), Методи вимірювання освітленості.

104. ГОСТ 23198-94 Лампи електричні. Методи вимірювання спектральних і колірних характеристик.

105. ДСТУ 7267:2012 Метрологія. Люксметри фотоелектричні. Методика повірки (калібрування).

106. ДСТУ СІЕ 084:2017 Вимірювання світлового потоку (СІЕ 084-1989, IDT).

107. ДСТУ 8546:2015 Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови»

108. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель

по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель.

109. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна : ДСТУ ІЕС 62471:2009. – [Чинний з 2012-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2014. – 34 с. (Національний стандарт України).

110. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Настанови щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень : ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014 – [Чинний з 2015-04-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2014. – 47 с. (Національний стандарт України).

111. ДСНіП 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норм та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>

112. Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires IEC TR 62778:2014 (Застосування ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінювань небезпечності синього світла): ІЕС/TR 62778:2014 – [Чинний з 2014-06-27]. – SC 34A, 2014 – 42 с. (ST).

113. Міністерство освіти і науки України. Методичні рекомендації щодо забезпечення доступності будівель, приміщень та іншої інфраструктури закладів освіти для маломобільних груп населення. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/12/16/meto-rekomend-shchodo-zabezp-dostupnosti-16-12-2024.pdf>

114. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» . - К.: Мінрегіон України, 2018.

115. ДСТУ Б ISO 21542:2013 «Будинки і споруди доступність і зручність використання побудованого життєвого середовища.

116. ДСТУ EN 17210:2024 Доступність і зручність. Використання створеного середовища. Функціональні вимоги (EN 17210:2021, IDT).

117. Назренко В. І., Матіросова В. Г., Чередниченко І. М. та ін. Гігієнічні рекомендації щодо використання світлодіодних джерел світла для

нормалізації умов праці у виробничих та офісних приміщеннях: Методичні рекомендації. – К.: 2025, 17 с.

118. Schubert, Anthea & Pearson, Alan & Ao, Derek. (2010). The effects of exposure to natural light in the workplace on the health and productivity of office workers: a systematic review protocol. The JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports. 8. 1-19. 10.11124/jbisrir-2010-574.

119. Wilkins, Arnold & Nimmo-Smith, Ian & Slater, A.I. & Bedocs, L.. (1989). Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. Lighting Research and Technology. 21. 11-18. 10.1177/096032718902100102.

120. G. Vandewalle, P. Maquet, and D.J. Dijk, “Light as a modulator of cognitive brain function,” Trends in Cognitive Sciences, vol. 13, pp. 429–438, 2009.

121. W.J.M. Van, “Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work” Applied Ergonomics, vol. 37, pp. 461-466, 2006.

122. W.J.M. Van Bommel, G.J. Van den Beld, “Lighting for work: a review of visual and biological effects,” Lighting Research and Technology, vol. 36 (4), p. 255-269, 2004.

123. Albe-Fessard, D. & Andres, K. & Bates, J. & Besson, J. & Brown, A. & Burgess, P. & Darian-Smith, I. & von Düring (Duering), Monika & Gordon, G. & Hensel, H. & Jones, E. & Libet, B. & Oscarsson, O. & Perl, E. & Pompeiano, O. & Powell, T. & Rethelyi, Miklos & Schmidt, R. & Semmes, J. & Zotterman, Y.. (1973). Handbook of Sensory Physiology. 10.1007/978-3-642-65438-1.

124. Mahone, Douglas & Kuttaiah, Kalpana & Chappell, Cathy & Mchugh, Jon & Hescong, Lisa. (1999). Skylighting and Retail Sales An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance Condensed Report for PG&E by the Hescong Mahone Group, 1999. 10.13140/RG.2.2.28809.29288.

125. Ujma A. Requirements for lighting of premises in normative documents of the Republic of Poland and their relationship with energy saving. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2015;6:35-40.

126. Abbas, Nadeen & Kumar, Dinesh & Mclachlan, Neil. (2005). The Psychological and Physiological Effects of Light and Colour on Space Users.

Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference. 2. 1228-31. 10.1109/IEMBS.2005.1616646.

127. Leather, Phil & Pyrgas, Mike & Beale, Di & Lawrence, Claire. (1998). Windows in the WorkplaceSunlight, View, and Occupational Stress. Environment and Behavior - ENVIRON BEHAV. 30. 739-762. 10.1177/001391659803000601.

128. Nazarenko, Vasia & Cherednichenko, Inna & Nykyforuk, Alexandr & Martirosova, Violetta & Tikhonova, Natalia & Beseda, Olaxandra & Paliychuk, Sergey. (2017). Фізіолого-гігієнічна оцінка умов праці банківських працівників. 4(53). С. 35-41.

129. Журбенко В. М., Шаломов В.А. Роль оцінки комплексної дії факторів світлового середовища на безпеку робочих місць // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023, 19 квітня 2023 р. : зб. тез. – Дніпро : ПДАБА, 2023. – С. 37-38.

130. Беліков А. С., Журбенко В. М., Любчук В. М. Розробка методики дослідження впливу візуального середовища при виконанні робіт високої зорової складності з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності, безпеки праці // *Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle* (ICSBT 2024), 20-21 February 2024, Dnipro, Ukraine: EDP Sciences, 254 p. (Vol 1) – С. 61-63.

131. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2022) Напрямки досліджень по підвищенню комфортності світлового середовища // Вісті Донецького гірничого інституту, Луцьк – 2022. – № 1(50). – С. 7-15 DOI: <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15>.

132. ДСТУ EN ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки.

133. EN ISO 7010:2012 «Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs) EN ISO 7010:2012/A1:2014; EN ISO 7010:2012/A2:2014; EN ISO 7010:2012/A3:2014; EN ISO 7010:2012/ A4:2014; EN

ISO 7010:2012/A5:2015; EN ISO 7010:2012/A6:2016, EN ISO 7010:2012/A7:2017, IDT

134. ДСТУ EN ISO 7010:2019 (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016) «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки, безпеки» [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_en_iso_7010_2019.pdf.

135. ДСТУ Б В.2.2-6-97 "Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості".

136. Васильєва Ю. О., Комп'ютерні інформаційні технології в світлотехніці: навч. посібник, Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019.

137. Commission Internationale de l'Eclairage, Technical report CIE171, Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs, CIE, Vienna, 2006

138. Davoodi A., Johansson P., Aries M., The use of lighting simulation in the evidence-based design process: A case study approach using visual comfort analysis in offices, Building Simulation 2020, vol.13, P.141–153.

139. Ekren, Nazmi & Dursun, Bahtiyar & Aykut, Ercan. (2007). Lighting computer programs in lighting technology. Gazi University Journal of Science. 21. 15-20.

140. B. Geebelen, M van der Voeden, «Fast and accurate simulation of long-term daylight availability using the Radiosity method», Lighting Res. Technol., №37, pp. 295 – 312, 2005.

141. Daniel Witzel. «DIALux evo – new calculation method» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dialux.de/fileadmin/documents/>.

142. ДСТУ Б EN 15251:2011 (EN 15251:2007, IDT) «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики».

143. Internacional Commission on Illumination [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.cie.co.at/>.
144. Parry Moon, Lighting Design, Addison-Wesley Press, 191pp. (1948).
145. Соловйов А.К. Основи архітектури та будівельних конструкцій. К: - 2015.
146. Kozhushko, H.M. & Sakhno, Tamara & Nazarenko, Vasyl. (2024). Non-visual effects of light and their significance in led lighting systems designing: a critical review of the integrated lighting problem. Ukrainian Journal of Occupational Health. 2024. 214-227. 10.33573/ujoh2024.03.214.
147. Lucas RJ., Peirson SN, Berson DM, Brown T, Cooper HM, Czeisler CA, Figueiro MG, Gamlin P, Lockley SW, O'Hagan JB, et al. Measuring and using light in the melanopsin age. Trends Neurosci. 2013;37(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.10.004>.
148. CIE TN 003:2015.Technical note Report on the First International Workshop on Circadianan Neurophysiological Photometry. 2013.
149. Nazarenko, Vasyl & Glyva, V.A. & Sokurenko, s & Makhniuk, V.M. & Brukhno, R.P. & Cherednichenko, I.M.. (2024). Influence of the electrostatic field on workers and measures regarding its normalization in office and production premises. Ukrainian Journal of Occupational Health. 2024. 301-310. 10.33573/ujoh2024.04.301.
150. Kozhushko, H.M. & Sakhno, Tamara & Nazarenko, Vasyl. (2024). Non-visual effects of light and their significance in led lighting systems designing: a critical review of the integrated lighting problem. Ukrainian Journal of Occupational Health. 2024. 214-227. 10.33573/ujoh2024.03.214.
151. Solar resource maps of Ukraine. Global Solar Atlas [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://globalsolaratlas.info/download/ukraine>,
152. Drozd, S., & Kussul, N. (2024). Solar energy potential mapping in Ukraine through integration of GIS, remote sensing, and fuzzy logic. European Journal of Remote Sensing, 57(1). <https://doi.org/10.1080/22797254.2024.2362390>.

153. ДСТУ EN 12665:2015 Світло й освітлення. Основні терміни та критерії для визначення вимог освітлення (EN 12665:2011, IDT).
154. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення.
155. Veitch, Jennifer & Newsham, G.. (2002). by J.A. Veitch and G.R. Newsham.
156. Krupiński R., Projektowanie iluminacji na podstawie trójwymiarowego obiektu geometrycznego, Przegląd Elektrotechniczny, vol.88, no.4a, P.212-214, ISSN 0033-2097.
157. Siegel R. Thermal radiation heat transfer / R. Siegel, J. R. Howel. – 2nd edition. – New York: McGraw-Hill Book Co., 1980 DiLaura D. L. On the computation of equivalent sphere illumination / D. L. DiLaura // Journal of Illum. Eng Society. – 1975. – Vol. 4(2). – P. 129-149.
158. General procedure for calculating maintained illumination. – Illum. Eng Society. – 1970. – Vol. 65(10). – P. 602-617.
159. Lambert J.H. Lamberts Photometrie: [Photometria, sive De mensura et gradibus luminus, colorum et umbrae] / J.H. Lambert, E. Anding. – Leipzig: W. Engelmann, 1892. – 433 p.
160. Myodo O, Karino M. A new method for computer aided design of luminaire reflectors. J. IES (Jpn. 1982), 98-105.
161. Hughes, John F., 1955– Computer graphics : principles and practice / John F. Hughes, Andries van Dam, Morgan McGuire, David F. Sklar, James D. Foley, Steven K. Feiner, Kurt Akeley.—Third edition.
162. Yamauti Z. Geometrical calculation of illumination due to light from luminous sources of simple forms / Z. Yamauti. – Tokyo: Electrotechnical Laboratory, 1924. – 148 p.
163. Wallace, John R.; Cohen, Michael F.; Greenberg, Donald P. (1987). "A Two-pass Solution to the Rendering Equation: A Synthesis of Ray Tracing and Radiosity Methods". Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer

Graphics and Interactive Techniques. SIGGRAPH '87. New York, NY, USA: ACM: 311–320.

164. Shariful H. Shikder, Andrew D. Price and Monjur Mourshed (2009) Evaluation of Four Artificial Lighting Simulation Tools with Virtual Building Reference. Department of Civil and Building Engineering, University of Loughborough.

165. Skarżyński, Krzysztof & Rutkowska, Anna. (2020). A comparison of the calculations and measurements for a lighting design of the same room. *Przegląd Elektrotechniczny*. 96. 11-14. 10.15199/48.2020.11.03.

166. Sillion F. Radiosity and global illumination / F. Sillion, C. Puech. – San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994. – 251 p.

167. Shirley P. Monte Carlo techniques for direct lighting calculations / P. Shirley, C. Wang, K. Zimmerman. – ACM Transactions on Computer Graphics, 1996. – 36 p.

168. Jensen, H.W. (1996). Global Illumination using Photon Maps. In: Pueyo, X., Schröder, P. (eds) *Rendering Techniques '96*. EGSR 1996. Eurographics. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7484-5_3

169. Cohen M.F. Radiosity and realistic image synthesis / M.F. Cohen, J.R. Wallace. – Boston: Academic Press Professional, 1993. – 381 p.

170. Офіційний сайт програми DIALux [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dial.de/en/home/>.

171. Офіційний сайт програми LucidShape [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.brandenburg-gmbh.de>.

172. AUTODESK, INC. Lightscape user guide. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://web.mit.edu/4.455/software/lightscape/Docs/Lightscape%20User%20Guide.pdf> (дата звернення: 09.03.2024).

173. Офіційний сайт програми Relux. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://relux.com/>.

174. Kraus, Matthias & Fuchs, Johannes & Klein, Karsten & Engelke, Ulrich & Keim, Daniel & Schreiber, Falk. (2021). Immersive Analytics with Abstract 3D Visualizations: A Survey. *Computer Graphics Forum*. 41. 10.1111/cgf.14430.

175. Kamitani Y, Tong F. Decoding the visual and subjective contents of the human brain. *Nat Neurosci*. 2005 May;8(5):679-85. doi: 10.1038/nn1444. Epub 2005 Apr 24. PMID: 15852014; PMCID: PMC1808230.

176. Журбенко В. М., Нажа П. М., Саньков П. М. та ін. Проблеми та методи оцінки візуальної якості антропогенного середовища // Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектури : тези XIX міжнар. наук.-практ. конф., (19-22 вересня 2021 р., м. Чернігів). – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – С. 158-160.

177. Anshel, Jeffrey. (2007). Visual Ergonomics in the Workplace. *AAOHN journal : official journal of the American Association of Occupational Health Nurses*. 55. 414-20; quiz 421. 10.1177/216507990705501004.

178. Bach M, Kommerell G (1998) Sehschärfebestimmung nach Europäischer Norm – wissenschaftliche Grundlagen und Möglichkeiten der automatischen Messung. *Klin Mbl Augenheilk* 212:190–195

179. Гвозденко Л. А. Вивчення біологічної дії видимого електромагнітного випромінювання з урахуванням спектра та інтенсивності штучних і природних джерел / Гвозденко Л. А., Стежка В. А., Блакита і. В. [та ін.] // Мед. тр. и пром. экол.- 2000.- № 2.- С. 11-14.

180. Arndt, Markus (1999). Wave–particle duality of light. *Nature*. 401 (6754): 680–682. doi:10.1038/44348

181. Michaelson, S. (1975). *Fundamental and Applied Aspects of Nonionizing Radiation*. Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 1975 edition (February 17, 2012) 486 p.

182. Bach M, Schäfer K (2016) Visual Acuity Testing: Feedback affects neither outcome nor reproducibility, but leaves participants happier. *PLoS One* 11:e0147803

183. Bach M (2007) The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 245:965–971
184. Schulze-Bonsel K, Feltgen N, Burau H, Hansen LL, Bach M (2006) Visual acuities “Hand Motion” and “Counting Fingers” can be quantified using the Freiburg Visual Acuity Test. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 47:1236–1240
185. Neargarder SA, Stone ER, Cronin-Golomb A, Oross S 3rd (2003) The impact of acuity on performance of four clinical measures of contrast sensitivity in Alzheimer's disease. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 58:54–62
186. Wesemann W (2002) [Visual acuity measured via the Freiburg visual acuity test (FVT), Bailey Lovie chart and Landolt Ring chart] *Klin Monatsbl Augenheilkd* 219:660–667
187. Loumann KL (2003) Visual acuity testing in diabetic subjects: the decimal progression chart versus the Freiburg visual acuity test. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*
188. Bach M (1997) Anti-aliasing and dithering in the ‘Freiburg Visual Acuity Test’. *Spatial Vision* 11:85–89
189. Bach M (1996) The Freiburg Visual Acuity test – automatic measurement of visual acuity. *Optom Vis Sci* 73:49–53 [→PDF]
190. Lewis, Alan. (2013). Visual Performance as a Function of Spectral Power Distribution of Light Sources at Luminances Used for General Outdoor Lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Society.* 28. 10.1080/00994480.1999.10748250.
191. Дніпро: кліматичні показники міста. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gorod.dp.ua/pogoda/?pageid=46>.
192. Журбенко, В. М., Саньков, П. М. Комплексна оцінка візуальних якостей міського середовища як крок до його системної гармонізації // *Scientific foundations of solving engineering tasks and problems: collective monograph / Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Hladyshev D., Babyak V.– etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. С. 541-544. DOI: 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II*

193. Thapan, K, Arendt, J, Skene, DJ. (2001) An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *J Physiol.* 2001 Aug 15; 535(Pt 1):261-7.

194. Міщенко І.Н. Забезпечення життєдіяльності людини в навколишньому середовищі./ І.Н.Міщенко – Кіровоград, 1998. – 292с.

195. Lieberman HR, Pentland AP (1982) Microcomputer-based estimation of psychophysical thresholds: The Best PEST. *Behavior Research Methods & Instrumentation* 14:21–25

196. Журбенко, В. М., Сизько В. Є. Пропозиції по модернізації житлової забудови України // Матеріали VII міжнародного молодіжного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів Національний університет «Львівська політехніка»: Збірник матеріалів – Київ : Яроченко Я. В., 2022. – С. 211. DOI: <https://doi.org/10.51500/7826-04-9>

197. Phillips: технічні характеристики освітлювальних установок. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.lighting.philips.ua/>.

198. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л. А. Назаренко, Т. В. Можаровська, В. С. Чернець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 142 с.

199. Ю. О. Васильєва, та О. М. Ляшенко, «Оцінка об'єднаного показника дискомфорту у програмі DIALUX», *Метрологія та прилади*, № 2, с. 30-34, 2017.

200. Bartlett, J. E., II; Kotrlik, J. W.; Higgins, C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size for survey research // *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. 19 (1): 43—50.

201. Голосков, О.Є. Основи регресійного аналізу :навч. пос./ Х.: НТУ «ХПІ», 2008 р. – 90 с.

202. Журбенко, В., Беліков, А. (2022). Методики комплексної оцінки візуального середовища для підвищення безпеки при виконання робіт високої

точності // Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference (August 14-16, 2022). MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2022. P. 110-115.

203. van Bommel, Wout. (2006). Dynamic Lighting at work—both in level and colour.

204. CIE Publication 29.2: “Guide on interior lighting” (1986).

205. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

206. ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

207. ДСТУ 7299:2013 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця. Загальні вимоги ергономіки».

208. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2023) Обґрунтування актуальності розробки сучасних методик дослідження виробничого середовища з урахуванням світлового фактору // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2023. – № 2(11). – С. 27-38 DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-2-11-27-38>.

209. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2024) Оцінка світлового середовища з урахуванням безпеки праці та працездатності людей при виконанні робіт високої зорової складності // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2024. – № 1(12). – С. 33-42 DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2024-1-12-33-42>.

210. Interactive Portal-Book of Self-Development Methods. [Електронний ресурс]. Режим доступу: metodorf.com.

211. Головне управління морально-психологічного забезпечення Збройних Сил України. Комплексна методика професійно-психологічного відбору кандидатів на навчання у ВВНЗ та навчальних центрах за дефіцитними спеціальностями. К., 2021 р. - 215 с.

212. University of Toronto. Lighting Ergonomics Guideline Environmental Health and Safety [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://ehs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2023/07/Lighting-Ergonomics-Guideline-2023-Final.pdf>

213. Alicia C. Allan, Veronica Garcia-Hansen, Gillian Isoardi & Simon S. Smith (2019) Subjective Assessments of Lighting Quality: A Measurement Review, LEUKOS, 15:2-3, P. 115-126, DOI: 10.1080/15502724.2018.1531017

214. Kong, Zhe & Jakubiec, J.. (2021). Instantaneous lighting quality within higher educational classrooms in Singapore. *Frontiers of Architectural Research*. 10. 10.1016/j.foar.2021.05.001.

215. Беліков А.С., Подкопаєв С. В., Журбенко В.М., Нажа П.М. (2024) Застосування інтегрального ризикорієнтованого підходу при впровадженні комплексної оцінки візуального середовища // Український журнал будівництва та архітектури, Дніпро. – 2024 DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.36.1090>.

216. Беліков А. С., Саньков П. М., Журбенко В. М. Шляхи підвищення ефективності використання методу візуалізації у виробничому середовищі // Збірник доповідей XIII Міжнародної науково-методичної конференції та 147 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 2 – 3 грудня 2021 р., НТУ «ХП», – Харків, 2021. – С. 24-26.

217. Журбенко В.М. Інтегральний підхід оцінки світлового середовища при виконанні робіт підвищеної небезпеки // *Проблеми гарантування безпеки людини в умовах сучасних викликів*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23-24 березня 2023 р. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2023., 223 с. – С. 73-76.

218. Журбенко В.М. Роль впливу візуального середовища на безпеку робіт високої зорової складності // *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates*: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, August 3-4, 2023. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 570 p. – P. 217-219.

219. Журбенко В.М. Дослідження візуального середовища з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності та безпеки праці // *Безпека життєдіяльності в XXI столітті: XX Всеукраїнська студентська науково-практична конференція* (17 – 18 квітня 2024) – Дніпро: ПДАБА, 2024. – С 6-8.

220. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P., Nazha, P. (2023). The Influence of the Visual Factor on the Efficiency of Visualization Method in the Production Environment. In: Gomes Correia, A., Azenha, M., Cruz, P.J.S., Novais, P., Pereira, P. (eds) Trends on Construction in the Digital Era. ISIC 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 306. Springer, Cham. P. 327-333 DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22

221. Саньков П. М., Журбенко В. М. (2021) Комплексні моделі розвитку міських просторів на базі теорії резонансу // XXVI International Scientific and Practical Conference “Topical issues of practice and science” (pp. 40-43) May 18-21, 2021, London, Great Britain.

222. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P. (2022). The role of visual factors in formation of safe workplaces // *Матеріали дистанційної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених «Наука і техніка: перспективи XXI століття»* (Дніпро, 24 березня 2022 р.). Дніпро. ДВНЗ «ПДАБА», 2022. – С. 63.

223. Mu, Wei & Fan, Zengliang & Hua, Qingbo & Chu, Kongqing & Liu, Huabo & Gao, Junwei. (2024). Research on Energy Efficiency Optimization Control Strategy of Office Space Based on Genetic Simulated Annealing Strategy. Sustainability. 16. 10356. 10.3390/su162310356.

224. Журбенко В. М., Беліков А. С. Шляхи забезпечення охорони праці при виконанні робіт високої зорової точності // *Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених*, 18-19 жовтня 2022 р. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – С. 158-162.

225. Журбенко В. М., Саньков П. М. Якість візуального середовища як індикатор сталого розвитку / В. М. Журбенко, П. М. Саньков // II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends» II Міжнародна науково-практична конференція – Оксфорд, GBR, 28 травня 2021. – С. 187–188. DOI: 10.36074/logos-28.05.2021.v2.54.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

Публікації у наукових фахових виданнях України:

1. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2022) Напрямки досліджень по підвищенню комфортності світлового середовища // Вісті Донецького гірничого інституту, Луцьк – 2022. – № 1(50). – С. 7-15 (*особистий внесок здобувача – аналіз статистики набутих хвороб ока у Україні і світі, порівняльний аналіз документів, що нормують параметри візуального середовища у робочих приміщеннях для України та за кордоном*).

DOI: <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15>.

2. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2023) Обґрунтування актуальності розробки сучасних методик дослідження виробничого середовища з урахуванням світлового фактору // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2023. – № 2(11). – С. 27-38 (*особистий внесок здобувача – аналіз нормативних документів, обґрунтування вибору основних критеріїв оцінки та розробки методики дослідження для оцінки світлового середовища при виконанні зорових робіт підвищеної складності*).

DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-2-11-27-38>.

3. Беліков А. С., Журбенко В. М. (2024) Оцінка світлового середовища з урахуванням безпеки праці та працездатності людей при виконанні робіт високої зорової складності // Науковий вісник Донецького національного технічного університету, Луцьк. – 2024. – № 1(12). – С. 33-42 (*особистий внесок здобувача – розробка вдосконаленої методики дослідження світлових факторів виробничого середовища, обробка результатів*).

DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2024-1-12-33-42>.

5. Беліков А.С., Тодоров О. П., Шиба О.В., Журбенко В. М. (2023) Аналіз травматизму та загибелі людей через порушення вимог безпеки в Україні / // Український журнал будівництва та архітектури. Дніпро – 2023. – №

5. – С. 55-64 (*особистий внесок здобувача – аналіз та обробка статистики виробничого травматизму в Україні*).

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.55.993

6. Беліков А. С., Подкопаєв С. В., Журбенко В. М., Нажа П. М. (2024) Застосування інтегрального ризикорієнтованого підходу при впровадженні комплексної оцінки візуального середовища // Український журнал будівництва та архітектури, Дніпро. – 2024 (*особистий внесок здобувача – обґрунтування застосування ризик-орієнтованого підходу під час інтегральної оцінки візуальних характеристик робочого середовища*).

DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.36.1090>.

Публікації в наукових журналах, які індексуються у Scopus:

6. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P., Nazha, P. (2023). The Influence of the Visual Factor on the Efficiency of Visualization Method in the Production Environment. In: Gomes Correia, A., Azenha, M., Cruz, P.J.S., Novais, P., Pereira, P. (eds) Trends on Construction in the Digital Era. ISIC 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 306. Springer, Cham. P. 327-333 (*особистий внесок здобувача – проведення дослідження, аналіз та обробка результатів дослідження*).

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20241-4_22

Публікації у періодичних закордонних наукових виданнях:

19. Журбенко, В., Саньков, П., Нажа, П. (2021). Актуальність вивчення впливу візуальних чинників міського середовища на здоров'я жителів індустріальних міст // Scientific Collection «InterConf+» : International Scientific Discussion: Problems, Tasks and Prospects (October 21-22, 2021, Brighton, Great Britain). InterConf, (81), P.271-277.

DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.10.2021.034>

20. Журбенко, В. М., Беліков, А. С. (2022). Методики комплексної оцінки візуального середовища для підвищення безпеки при виконання робіт високої точності // Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference (August 14-16, 2022). MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2022. Pp.

110-115. URL: <https://sci-conf.com.ua/xv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-scientific-research-achievements-innovations-and-development-prospects-14-16-08-2022-berlin-nimechchina-arhiv/>.

Розділ у колективній монографії:

21. Саньков П. М., Журбенко В. М. (2021) Комплексні моделі розвитку міських просторів на базі теорії резонансу // XXVI International Scientific and Practical Conference “Topical issues of practice and science” (pp. 40-43) May 18-21, 2021, London, Great Britain.

Публікації, які додатково відображають результати проведених досліджень

Публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій:

22. Журбенко В. М., Саньков П. М. Якість візуального середовища як індикатор сталого розвитку / В. М. Журбенко, П. М. Саньков // II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends» II Міжнародна науково-практична конференція – Оксфорд, GBR, 28 травня 2021. – С. 187–188. DOI: 10.36074/logos-28.05.2021.v2.54.

23. Журбенко В. М., Нажа П. М., Саньков П. М. та ін. Проблеми та методи оцінки візуальної якості антропогенного середовища // Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектури : тези XIX міжнар. наук.-практ. конф., (19-22 вересня 2021 р., м. Чернігів). – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – С. 158-160.

24. Журбенко, В. М., Саньков, П. М. Комплексна оцінка візуальних якостей міського середовища як крок до його системної гармонізації // Scientific foundations of solving engineering tasks and problems: collective monograph / Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Hladyshev D., Babyak V.– etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. С. 541-544. DOI: 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II

25. Журбенко, В., Беліков, А., Саньков, П., & Апанасенко, А. (2021). Роль впливу візуального середовища на психофізіологічні особливості безпеки праці. // I International Scientific and Theoretical Conference «Features of the

development of modern science in the pandemic's era» (pp. 40-42), Berlin, DEU (December 3, 2021). DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-03.12.2021>

26. Беліков А. С., Саньков П. М., Журбенко В. М. Шляхи підвищення ефективності використання методу візуалізації у виробничому середовищі // Збірник доповідей XIII Міжнародної науково-методичної конференції та 147 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 2 – 3 грудня 2021 р., НТУ «ХП», – Харків, 2021. – С. 24-26.

27. Журбенко, В. М., Сизько В. Є. Пропозиції по модернізації житлової забудови України // Матеріали VII міжнародного молодіжного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів Національний університет «Львівська політехніка»: Збірник матеріалів – Київ : Яроченко Я. В., 2022. – С. 211. DOI: <https://doi.org/10.51500/7826-04-9>

28. Zhurbenko, V., Belikov, A., Sankov, P. (2022). The role of visual factors in formation of safe workplaces // Матеріали дистанційної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених «Наука і техніка: перспективи XXI століття» (Дніпро, 24 березня 2022 р.). Дніпро. ДВНЗ «ПДАБА», 2022. – С. 63.

29. Журбенко В. М., Беліков А. С. Шляхи забезпечення охорони праці при виконанні робіт високої зорової точності // *Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18-19 жовтня 2022 р. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – С. 158-162.

30. Журбенко В.М. Інтегральний підхід оцінки світлового середовища при виконанні робіт підвищеної небезпеки // *Проблеми гарантування безпеки людини в умовах сучасних викликів*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23-24 березня 2023 р. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2023., 223 с. – С. 73-76.

19. Журбенко В. М. Роль оцінки комплексної дії факторів світлового середовища на безпеку робочих місць / В. М. Журбенко, В. А. Шаломов // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023», присвяченій 119-й річниці з дня народження академіка АН УРСР, д. т. н., професора Кирила Федоровича Стародубова за темою «Актуальні проблеми матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій та у повоєнній відбудові України», 19 квітня 2023 р. : зб. тез. – Дніпро : ПДАБА, 2023. – С. 37-38.

20. Журбенко В.М. Роль впливу візуального середовища на безпеку робіт високої зорової складності // *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, August 3-4, 2023*. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 570 p. – P. 217-219.

21. Беліков А. С., Журбенко В. М., Любчук В. М. Розробка методики дослідження впливу візуального середовища при виконанні робіт високої зорової складності з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності, безпеки праці // *Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle (ICSBT 2024)*, 20-21 February 2024, Dnipro, Ukraine: EDP Sciences, 254 p. (Vol 1) – С. 61-63.

22. Журбенко В.М. Дослідження візуального середовища з урахуванням забезпечення зорового комфорту, працездатності та безпеки праці // *Безпека життєдіяльності в XXI столітті: XX Всеукраїнська студентська науково-практична конференція* (17 – 18 квітня 2024) – Дніпро: ПДАБА, 2024. – С. 6-8.

Схема розміщення експериментальних приміщень у будівлі



Формули для оцінювання точності вимірів

№ п/п	Формула	Примітки
1	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$	Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт детермінації) R^2 обчислюється як відношення суми квадратів відхилень обумовлених регресією до загальної суми квадратів відхилень залежної змінної від середнього значення
2	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, i = \overline{1, n}$	Середнє значення
3	$d_i = x_i - \bar{x}$	На основі обчисленого середнього визначається відхилення кожного спостереження d_i від середнього
4	$\Delta_{\text{сер}} = (d_1 + d_2 + \dots + d_i) / i$	Середня абсолютна похибка вимірювання обчислюється як середнє арифметичне суми відхилень.
5	$\delta = \Delta_{\text{сер}} / \bar{x}, \%$	Середня відносна похибка вимірювання є відношенням середньої абсолютної похибки до середнього значення.

**Протоколи вимірювань коефіцієнтів природньої освітленості та
горизонтальної освітленості для експериментальних приміщень 1 та 2**

Адреса об'єкта, який обслідується: м. Дніпро, вул. Архітектора Олега Петрова 24а, ауд 451

Найменування чинного нормативного документа: ДСТУ Б В.2.2-6-97
«Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості».

1. Характеристика приміщення:

Поверх (висота над рівнем землі, м): 4 (16 м.)

Розташування світлоотворів: бокове.

2. Характеристика світлоотворів:

Віконні металопластикові блоки (однокамерний) із заповненням з листового скла товщиною 4 мм. Приміщення 1: 2 створки з лівостороннім відкриванням, Приміщення 2: 1 створка з лівостороннім відкриванням. Приміщення 1 та 2 розділені перегородкою з світлопрозорою вставкою (металопластиковий віконний блок з 1 шаром скла товщиною 4 мм.): площею 3.3 м². Сонцезахисні пристрої відсутні.

3. Оздоблення поверхонь приміщень:

Приміщення 1:

Підлога, покрита світлим лінолеумом «під деревину».

Стіни, стеля: світла матова побілка.

Приміщення 2:

Підлога, покрита світлим лінолеумом «під деревину».

Стіни: полуглянцева водоемульсійна краска світлоголубого кольору.

Стеля: світла матова побілка.

4. Наявність у приміщенні обладнання, меблів:

Приміщення 1 оздоблено 12 робочими місцями (столи офісні із металевим каркасом та столешницями, ламинованими під деревину), 3 книжні шафи, дошка.

Приміщення 2 оздоблено 3 робочими місцями (столи офісні із металевим каркасом та столешницями, ламинованими під деревину), 1 книжковий шкаф, 2 принтери 3Д-друку.

5. Наявність озеленення, будинків, розташованих навпроти: протилежна будівля (висота 35 м.) знаходиться на відстані 45 м. від фасаду корпусу, де розташоване експериментальне приміщення (див. Додаток Б). Падаюча тінь від розташованих поряд будівель відсутня. Приміщення орієнтоване на північ-північ-схід. Під час вимірювання затінення від крон розташованих поряд дерев відсутнє.

6. План ділянки з зазначенням поверховості будинків, розташованих навпроти: див. Додаток Б

7. Рівень хмарності під час вимірювань: суцільна, від 7 до 9 балів

8. Освітлення: природнє, суміщене.

Протокол № 1

Дата вимірювання: 6 січня 2023

Час вимірювання: 10:00-11:00

Характер захмареності неба: суцільна захмареність, 9 балів

Вимірювання проводились 2 лайтметрами: FLUS MT-912 та Testo 440 при суміщеному та природньому освітленні.

Прилад: люксметр FLUS MT-912

Режим освітлення: суміщений

Значення горизонтальної освітленості на рівні 0.8 м. від підлоги по характерним розрізам приміщення (Таблиця В.1):

Середні значення:

Приміщення 1:

$$E_{\min}^1 = E^{C1} = 252 \text{ лк}$$

$$E_{\text{сер}}^1 = (E^{C2} + E^{C3})/2 = 410 \text{ лк}$$

Приміщення 2:

Продовження табл. Г.1

C ₂	10:20	381	385,67	3,56	0,92%		4,29%					
	10:22	385										
	10:23	391										
C ₃	10:20	422	435,00	8,67	1,99%						4,83%	
	10:22	435										
	10:23	448										
C ₄	10:20	576	579,00	2,00	0,35%							6,43%
	10:22	579										
	10:23	582										
D ₁	10:20	194	201,33	5,78	2,87%		2,24%					
	10:22	200										
	10:23	210										
D ₂	10:20	344	345,00	0,67	0,19%						3,83%	
	10:22	346										
	10:23	345										
D ₃	10:20	250	260,00	11,33	4,36%							2,89%
	10:22	253										
	10:23	277										
D ₄	10:20	453	445,33	5,11	1,15%	4,95%						
	10:22	444										
	10:23	439										
E ₁	10:20	251	251,67	0,44	0,18%		2,80%	229	303	2,02%		
	10:22	252										
	10:23	252										
E ₂	10:20	257	248,00	6,00	2,42%						2,76%	
	10:22	242										
	10:23	245										
E ₃	10:20	357	361,33	4,44	1,23%	4,01%						
	10:22	368										
	10:23	359										
E ₄	10:20	499	502,33	3,11	0,62%							5,58%
	10:22	501										
	10:23	507										
F ₁	10:20	170	168,00	2,00	0,119 %						1,87%	
	10:22	165										
	10:23	169										
F ₂	10:20	206	208,00	1,33	0,64%	2,31%						
	10:22	208										
	10:23	210										
F ₃	10:20	444	436,00	5,33	1,22%		4,84%					
	10:22	434										
	10:23	430										
F ₄	10:21	530	538,33	5,56	1,03%			5,98%				
	10:23	546										
	10:24	539										

Табл. Г.2

Рівні горизонтальної освітленості на контрольних точках експериментальних приміщень №1 та №2 06 січня 2023 р. при природньому освітленні.

Прилад вимірювання: люксметр FLUS FLUS MT-912

Код контрольної точки у приміщенні	Час вимірювання	$E_{\text{вн}}$ (середнє приміщення), лк	Середнє значення $E_{\text{вн}}$ для кожної контрольної точки	$\Delta_{\text{сер}}$, лк	$\delta_{\text{сер}}$, %	$E_{\text{зовн}}$ (середнє значення освітленості ззовні приміщення), лк	Середнє КПО для кожної точки D, %	$E_{\text{мін}}$ сер, лк	$E_{\text{вн}}$ сер, лк	Середнє значення КПО $D_{\text{сер}}$
A ₁	10:30	68	67.00	0.67	1.00%	8900	0.75%	107.5	346	2.31%
	10:30	67								
	10:31	66								
A ₂	10:31	266	271.00	3.33	1.23%		3.04%			
	10:33	276								
	10:34	271								
A ₃	10:34	329	327.33	1.56	0.48%		3.68%			
	10:34	328								
	10:35	325								
A ₄	10:35	338	335.00	2.67	0.80%		3.76%			
	10:35	336								
	10:36	331								
B ₁	10:36	73	74.67	1.56	2.08%		0.84%			
	10:36	77								
	10:37	74								
B ₂	10:37	365	361.33	2.44	0.68%		4.06%			
	10:37	361								
	10:37	358								
B ₃	10:38	431	423.00	6.67	1.58%		4.75%			
	10:38	413								
	10:38	425								
B ₄	10:38	620	616.00	2.67	0.43%	6.92%				
	10:38	613								
	10:38	615								
C ₁	10:39	140	140.33	0.44	0.32%	1.58%				
	10:39	140								
	10:39	141								
C ₂	10:39	267	266.33	0.89	0.33%	2.99%				
	10:39	265								
	10:40	267								
C ₃	10:40	308	334.33	27.1 1	8.11%	3.76%				
	10:40	320								
	10:40	375								
C ₄	10:40	392	386.33	3.78	0.98%	4.34%				
	10:41	386								
	10:41	381								
D ₁	10:41	120	126.33	4.22	3.34%	1.42%				
	10:41	127								
	10:41	132								

Продовження табл. Г.2

D ₂	10:42	194	201.33	5.78	2.87%		2.26%						
	10:42	200											
	10:42	210											
D ₃	10:42	267	266.33	0.89	0.33%		2.99%						
	10:42	265											
	10:43	267											
D ₄	10:43	353	349.33	3.56	1.02%		3.93%						
	10:44	351											
	10:44	344											
E ₁	10:44	73	73.67	0.89	1.21%		0.83%	74.00	175.83	1,17%			
	10:44	75											
	10:45	73											
E ₂	10:45	123	122.67	0.44	0.36%		1.38%						
	10:45	122											
	10:46	123											
E ₃	10:46	244	242.33	1.56	0.64%	2.72%							
	10:46	243											
	10:47	240											
E ₄	10:47	276	283.33	4.89	1.73%	3.18%							
	10:47	284											
	10:47	290											
F ₁	10:48	75	74.33	0.44	0.60%	0.84%							
	10:48	74											
	10:48	74											
F ₂	10:49	124	125.67	2.89	2.30%	1.41%							
	10:49	123											
	10:49	130											
F ₃	10:50	210	212.67	1.78	0.84%	2.39%							
	10:55	215											
	10:55	213											
F ₄	10:57	405	401.67	2.44	0.61%	4.51%							
	10:59	402											
	10:59	398											

Прилад: люксметр TESTO 440.

Режим освітлення: суміщений

Значення горизонтальної освітленості на рівні 0.8 м. від підлоги по характерним розрізам приміщення (Таблиця В.3):

Приміщення 1:

$$E_{\min}^1 = E^{C1} = 246 \text{ лк}$$

$$E_{\text{сеп}}^1 = (E^{C2} + E^{C3})/2 = 506 \text{ лк}$$

Приміщення 2:

$$E_{\min}^2 = (E^{E1} + E^{F1})/2 = 202 \text{ ЛК}$$

$$E_{cep}^2 = (E^{E2} + E^{E3} + E^{F2} + E^{F3})/4 = 299.75 \text{ ЛК}$$

Значення КПО для наївіддаленіших від вікон точок приміщення 1 та 2 будуть становити:

$$D^1_{\min} = (E^1_{\min}/9000) * 100 = 1.63\%$$

$$D^2_{\min} = (E^2_{\min} / 9000) * 100 = 1.35\%$$

Табл. Г.3

Рівні горизонтальної освітленості на контрольних точках експериментальних приміщень 1 та 2 06 січня 2023 р. при суміщеному освітленні.

Прилад вимірювання: люксметр TESTO 440

Код контрольн ої точки у приміщен ні	Час вимірюва ння	$E_{\text{н}}$ (в середні приміщення), лк	Середнє значення $E_{\text{вн}}$ для кожної контрольної точки	$\Delta_{\text{сер}}$, лк	$\delta_{\text{сер}}$, %	$E_{\text{зовн}}$ (середнє значення освітленості ззовні приміщення), лк	Середнє КПО для кожної точки D, %	$E_{\text{мін}}$ сер, лк	$E_{\text{вн}}$ сер, лк	Середнє значення КПО $D_{\text{сер}}$
A ₁	10:11	205	210.00	3.33	1.59%	10000	2,10%	245	578. 17	3.85%
	10:11	210								
	10:11	215								
A ₂	10:13	420	415.67	2.89	0.70%		4,16%			
	10:13	413								
	10:14	414								
A ₃	10:15	551	559.00	5.33	0.95%		5,59%			
	10:15	561								
	10:16	565								
A ₄	10:18	666	662.67	2.22	0.34%		6,63%			
	10:18	662								
	10:19	660								
B ₁	10:20	270	243.67	17.5 6	7.20%	2,44%				
	10:23	230								
	10:24	231								
B ₂	10:27	547	548.67	2.89	0.53%	5,49%				
	10:27	546								
	10:28	553								
B ₃	10:30	768	750.67	11.5 6	1.54%	7,51%				
	10:32	750								
	10:33	734								
B ₄	10:34	823	832.67	6.44	0.77%	8,33%				
	10:34	840								
	10:35	835								
C ₁	10:40	242	246.33	2.89	1.17%	2,46%				
	10:22	248								
	10:23	249								
C ₂	10:20	439	463.67	18.89	4.07%	4,64%				
	10:22	460								
	10:23	492								

Продовження табл.. Г.3

C ₃	10:20	539	549.67	7.11	1.29%		5,50%			
	10:22	553								
	10:23	557								
C ₄	10:20	837	845.67	5.78	0.68%		8,46%			
	10:22	847								
	10:23	853								
D ₁	10:20	221	222.67	1.56	0.70%		2,23%			
	10:22	222								
	10:23	225								
D ₂	10:20	275	268.33	9.56	3.56%		2,68%			
	10:22	276								
	10:23	254								
D ₃	10:20	346	346.33	0.44	0.13%	3,46%				
	10:22	347								
	10:23	346								
D ₄	10:20	437	442.00	4.00	0.90%	4,42%				
	10:22	441								
	10:23	448								
E ₁	10:20	206	206.67	1.56	0.75%	2,07%	2023 3	300. 25	2.00%	
	10:22	205								
	10:23	209								
E ₂	10:20	250	264.67	9.78	3.69%	2,65%				
	10:22	269								
	10:23	275								
E ₃	10:20	403	403.67	0.44	0.11%	4,04%				
	10:22	404								
	10:23	404								
E ₄	10:20	506	501.33	5.56	1.11%	5,01%				
	10:22	505								
	10:23	493								
F ₁	10:20	200	198.00	2.00	1.01%	1,98%				
	10:22	199								
	10:23	195								
F ₂	10:20	166	172.00	4.00	2.33%	1,72%				
	10:22	174								
	10:23	176								
F ₃	10:20	367	360.67	4.22	1.17%	3,61%				
	10:22	360								
	10:23	355								
F ₄	10:21	563	571.33	12.44	2.18%	5,71%				
	10:23	590								
	10:24	561								

Прилад вимірювання: люксметр TESTO 440

Код контрольної точки у приміщенні	Час вимірювання	$E_{из}$ (в середній приміщенні), лк	Середнє значення $E_{из}$ для кожної контрольної точки	$\Delta_{сер}$, лк	$\delta_{сер}$, %	$E_{зовн}$ (середнє значення освітленості ззовні приміщення), лк.	Середнє КПО для кожної точки D, %	E_{min} сер, лк	$E_{вн}$ сер, лк	Середнє значення КПО $D_{сер}$
A ₁	10:30	90	93	2.00	2.15%	8900	1.04%	110	363.92	0.73%
	10:30	95								
	10:31	94								
A ₂	10:31	315	305.67	6.22	2.04%		3.43%			
	10:33	304								
	10:34	298								
A ₃	10:34	385	374.00	7.33	1.96%		4.20%			
	10:34	367								
	10:35	370								
A ₄	10:35	415	425.00	8.00	1.88%		4.78%			
	10:35	423								
	10:36	437								
B ₁	10:36	102	102.00	0.67	0.65%		1.15%			
	10:36	101								
	10:37	103								
B ₂	10:37	457	452.67	2.89	0.64%		5.09%			
	10:37	452								
	10:37	449								
B ₃	10:38	386	397.67	7.78	1.96%		4.47%			
	10:38	400								
	10:38	407								
B ₄	10:38	610	621.00	7.33	1.18%		6.98%			
	10:38	627								
	10:38	626								
C ₁	10:39	119	118.00	0.67	0.56%		1.33%			
	10:39	118								
	10:39	117								
C ₂	10:39	239	241.33	1.56	0.64%		2.71%			
	10:39	242								
	10:40	243								
C ₃	10:40	367	364.00	12.67	3.48%		4.09%			
	10:40	345								
	10:40	380								
C ₄	10:40	412	408.00	5.33	1.31%	4.58%				
	10:41	412								
	10:41	400								
D ₁	10:41	266	258.67	5.78	2.23%	2.91%				
	10:41	250								
	10:41	260								

Продовження табл. Г.4

E ₁	10:44	96	98.33	1.56	1.58%		1.10%	99.83	190.0	0.67%
	10:44	99								
	10:45	100								
E ₂	10:45	125	125.33	3.78	3.01%		1.41%			
	10:45	131								
	10:46	120								
E ₃	10:46	231	229.33	11.56	5.04%		2.58%			
	10:46	212								
	10:47	245								
E ₄	10:47	300	315.67	10.44	3.31%		3.55%			
	10:47	325								
	10:47	322								
F ₁	10:48	101	101.33	0.44	0.44%		1.14%			
	10:48	102								
	10:48	101								
F ₂	10:49	98	97.00	0.67	0.69%		1.09%			
	10:49	97								
	10:49	96								
F ₃	10:50	333	308.33	27.56	8.94%		3.46%			
	10:55	325								
	10:55	267								
F ₄	10:57	367	378.67	7.78	2.05%		4.25%			
	10:59	389								
	10:59	380								

Додаток Д

Демографічні характеристики учасників експериментальної групи

Таблиця Д.1

Вікова група 41-60 рр.

Номер анкети	3	13	21	22	24	25	27	28	33	46	47	48	49	Середній показник	Варіативність (%)
Вік (років)	54	42	42	52	45	42	43	50	41	52	46	51	43	32,38	10,12
Стать															
ж				1		1	1		1					66,00%	-
ч	1	1	1		1			1		1	1	1	1	34,00%	-
Чи потрібні вам окуляри під час роботи/навчання?															
так				1	1						1		1	22,00%	-
ні	1	1	1			1	1	1	1	1		1		80,00%	-
Стаж роботи (років, враховуючи навчання у ВНЗ)	36	24	23	29	28	22	23	32	22	35	25	30	23	13,56	9,54
Робота високої зорової складності, годин у тиждень, годин	20	16	20	28	34	25	23	17	21	18	35	25	32	26,14	6,22
Із них з використанням комп'ютерних моніторів та гаджетів	18	16	5	17	24	15	15	17	19	17	25	22	25	20,36	4,62

Демографічні характеристики учасників експериментальної групи

Вікова група 22-40 рр.

Номер анкети	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	23	26	29
Вік (років)	38	39	22	22	24	23	22	23	23	22	38	23	23	23	23	24	28	35	21	24	24
Стать																					
ж	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ч											1										
Чи потрібні вам окуляри під час роботи/навчання?																					
так						1			1												
ні	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Стаж роботи (років, враховуючи навчання у ВНЗ)	18	20	4	4	6	5	4	5	5	4	11	5	5	5	5	6	9	16	3	6	6
Робота високої зорової складності, годин у тиждень, годин	28	25	22	18	20	25	16	18	19	20	30	18	19	26	25	30	35	35	26	31	26
Із них з використанням комп'ютерних моніторів та гаджетів	18	19	18	18	16	15	15	17	15	16	29	18	17	22	22	21	28	25	22	23	23

Продовження табл. Д.2

Номер анкети	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40
Вік (років)	24	29	32	39	22	27	29	25	31	32
ж				1		1	1		1	
ч	1	1	1		1			1		
так						1		1	1	
ні	1	1	1	1	1		1			1
Стаж роботи (років, враховуючи навчання у ВНЗ)	6	11	13	15	4	9	11	7	13	14
Робота високої зорової складності, годин у тиждень, годин	26	30	35	35	22	35	32	22	35	25
Із них з використанням комп'ютерних моніторів та гаджетів	22	25	25	25	22	25	27	18	25	15

Демографічні характеристики учасників експериментальної групи

Вікова група 41-60 рр.

Номер анкети	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	23	26	29
Вік (років)	38	39	22	22	24	23	22	23	23	22	38	23	23	23	23	24	28	35	21	24	24
Стать																					
ж	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ч											1										
Чи потрібні вам окуляри під час роботи/навчання?																					
так						1			1												
ні	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Стаж роботи (років, враховуючи навчання у ВНЗ)	18	20	4	4	6	5	4	5	5	4	11	5	5	5	5	6	9	16	3	6	6
Робота високої зорової складності, годин у тиждень, годин	28	25	22	18	20	25	16	18	19	20	30	18	19	26	25	30	35	35	26	31	26
Із них з використанням комп'ютерних моніторів та гаджетів	18	19	18	18	16	15	15	17	15	16	29	18	17	22	22	21	28	25	22	23	23

Таблиця Д.4

Результати самоцінювання працездатності та функціонального стану віковою групою 41-60 рр. при суміщеному освітленні денного спектра

Умови проведення					ТЗ	сер. знач.	Au	сер. знач.	Q	сер. знач.
час початку	t, °C	φ, %	Е гор ср, лк	колір. темп, К						
09:00	20,0	45	792	4500	0,43	0,55	3,62	3,58	0,97	0,93
09:00	20,0	45	792	4500	0,67		3,45		0,98	
09:00	20,0	45	792	4500	0,56		3,67		0,85	
10:00	21,1	46	850	4600	0,79	0,76	3,78	3,86	1,3	1,11
10:00	21,1	46	850	4600	0,69		4,1		1,24	
10:00	21,1	46	850	4600	0,82		3,8		0,91	
10:00	21,1	46	850	4600	0,72		3,75		0,98	
11:00	21,1	47	875	5450	0,76	0,75	4,1	4,06	1,27	1,42
11:00	21,1	47	875	5450	0,72		3,75		1,52	
11:00	21,1	47	875	5450	0,78		4,32		1,47	
12:00	22,0	45	885	5330	0,726	0,72	3,99	4,05	1,56	1,52
12:00	22,0	45	885	5330	0,761		4,2		1,65	
12:00	22,0	45	885	5330	0,667		3,97		1,34	
13:00	22,0	43	860	5400	0,79	0,72	3,92	3,90	1,45	1,43
13:00	22,0	43	860	5400	0,65		3,87		1,41	
14:00	22,2	45	800	5450	0,656	0,66	3,7	3,88	1,24	1,37
14:00	22,2	45	800	5450	0,599		3,8		1,53	
14:00	22,2	45	800	5450	0,72		4,15		1,35	
15:00	22,4	47	679	5320	0,794	0,72	3,31	3,51	1,11	1,12
15:00	22,4	47	679	5320	0,676		3,97		0,94	
15:00	22,4	47	679	5320	0,67		3,32		1,12	
15:00	22,4	47	679	5320	0,73		3,42		1,32	
Сер. Знач.	21,54	45,64	813,27	5121,36						

Таблиця Д.5

Результати самоцінювання працездатності та функціонального стану віковою групою 41-60 рр. при суміщеному освітленні холодного спектра

Умови проведення					ТЗ	сер. знач.	Au	сер. знач.	Q	сер. знач.
час початку	t, °C	φ, %	Е гор ср, лк	колір. темп, К						
09:00	20,0	45	792	5350	0,43	0,63	4,07	3,82	1,18	1,20
09:00	21,1	43	800	5400	0,78		4,24		1,08	
09:00	21,1	43	800	5350	0,69		3,15		1,35	
10:00	21,1	46	850	5600	0,787	0,76	3,8	3,96	1,2	1,33
10:00	21,1	46	850	5600	0,685		4,1		1,41	
10:00	21,1	46	850	5600	0,82		3,97		1,38	
11:00	21,1	47	875	5450	0,72	0,76	4,2	4,16	1,73	1,63
11:00	21,1	47	875	5450	0,79		4,11		1,52	
12:00	22,0	45	885	5600	0,745	0,75	3,95	4,36	1,65	1,65
12:00	22,0	45	885	5600	0,778		4,67		1,52	
12:00	22,0	45	885	5600	0,731		4,45		1,78	
13:00	22,0	43	860	5450	0,79	0,79	4,23	4,02	1,56	1,55
13:00	22,0	43	860	5600	0,79		3,8		1,53	
14:00	22,2	45	800	5450	0,635	0,70	3,71	3,91	1,57	1,42
14:00	22,2	45	800	5450	0,708		3,82		1,45	
14:00	22,2	45	800	5450	0,75		4,2		1,23	
15:00	22,4	47	679	5500	0,635	0,70	3,85	3,68	1,35	1,28
15:00	22,4	47	679	5500	0,685		3,13		1,26	
15:00	22,4	47	679	5500	0,77		4,07		1,22	
Сер. Знач.	21,66	45,26	816,00	5500,00						

Таблиця Д.6

Результати самоцінювання працездатності та функціонального стану віковою групою 22-40 рр. при суміщеному освітленні денного спектра

умови проведення					T3	сер. знач.	Au	сер. знач.	Q	сер. знач.
час початку	t, °C	φ, %	Е гор ср, лк	колір. темп, К						
09:00	20,0	45	795	4500	0,685	0,80	3,56	3,78	0,97	1,09
09:00	20,0	49	810	4600	0,91		4,15		0,92	
09:00	20,0	45	812	4500	0,79		3,62		1,25	
09:00	21,5	48	797	4600	0,85		3,45		0,9	
09:00	20,0	50	796	4500	0,77		4,12		1,39	
10:00	22,0	46	850	4750	0,78	0,80	3,75	3,92	1,34	1,67
10:00	22,3	46	850	4650	0,756		3,9		1,71	
10:00	22,1	46	850	4600	0,685		3,8		1,64	
10:00	21,8	46	850	4700	0,988		4,245		1,97	
11:00	21,1	47	875	5450	0,988	0,83	4,15	4,11	1,74	1,80
11:00	21,1	47	875	5450	0,78		3,97		1,89	
11:00	21,1	47	875	4500	0,85		4,05		1,82	
11:00	21,1	47	875	4500	0,685		4,1		1,75	
11:00	23,0	52	875	5390	0,91		4,25		1,83	
11:00	21,1	47	875	5450	0,748		4,15		1,78	
12:00	22,0	45	885	5330	0,83	0,82	4,4	4,14	1,9	1,96
12:00	22,0	45	885	5330	0,85		3,95		1,85	
12:00	22,0	45	885	5350	0,756		4,12		2,02	
12:00	22,0	45	885	5100	0,708		3,567		1,82	
12:00	22,0	45	885	5200	0,945		4,678		2,23	
13:00	22,0	43	860	4800	0,83	0,81	3,95	4,08	1,71	1,79
13:00	22,0	43	860	5400	0,85		4,23		1,81	
13:00	22,0	43	860	5400	0,756		4,05		1,86	

Продовження таблиці Д.6

14:00	22,2	45	800	5450	0,708	0,69	3,75	3,92	1,65	1,55
14:00	22,2	45	800	5450	0,75		3,7		1,66	
14:00	22,2	45	800	5450	0,635		3,95		1,71	
14:00	21,9	51	880	5370	0,599		4,15		1,75	
14:00	21,1	47	875	5000	0,68		3,98		1,28	
14:00	22,2	45	800	4700	0,74		3,96		1,23	
15:00	22,4	47	679	4200	0,534	0,66	3,55	3,89	1,65	1,46
15:00	22,4	47	679	4500	0,635		3,81		1,6	
15:00	22,6	47	679	5000	0,599		3,78		1,46	
15:00	22,4	47	679	4800	0,895		4,124		1,34	
15:00	22,4	47	679	5000	0,645		4,17		1,24	
Сер. знач.	21,71	46,32	823,97	4969,71						

Таблиця Д.7

Результати самоцінювання працездатності та функціонального стану віковою групою 22-40 рр. при суміщеному освітленні холодного спектра

Умови проведення					T3	сер. знач.	Au	сер. знач.	Q	сер. знач.
час початку	t, °C	φ, %	Е гор ср, лк	колір. темп, К						
09:00	20,0	45	792	5350	0,67	0,80	3,67	3,94	1,46	1,27
09:00	20,0	45	792	5400	0,92		4,25		1,54	
09:00	22,4	45	792	5350	0,756		4,08		1,205	
09:00	22,4	45	792	5400	0,685		3,96		1,51	
09:00	22,4	45	792	5350	0,988		4,73		1,45	
09:00	22,4	43	792	5400	0,85		3,9		1,23	
09:00	22,4	43	780	5350	0,77		3,92		1,01	
09:00	22,4	45	780	5400	0,91		4,321		0,92	
09:00	20,0	45	792	5350	0,79		3,7		1,1	
09:00	20,0	45	792	4500	0,734		2,9		1,32	
10:00	21,1	46	760	5450	0,78	0,82	3,75	4,00	1,43	1,70
10:00	21,1	46	760	5600	0,756		3,9		1,49	
10:00	21,1	46	760	5450	0,685		3,8		1,81	
10:00	21,1	45	760	5450	0,988		4,245		1,56	
10:00	21,1	45	760	5450	0,988		4,15		2	
10:00	21,1	47	760	5450	0,78		3,97		1,78	
10:00	21,1	47	760	5450	0,85		4,05		1,67	
10:00	21,1	47	760	5450	0,685		4,1		1,95	
10:00	21,1	45	760	5400	0,91		3,75		1,64	
10:00	21,1	45	760	5400	0,748		3,94		1,87	
10:00	21,1	47	760	5500	0,83		4,4		1,59	
10:00	21,1	47	850	5600	0,85		3,95		1,67	

Продовження таблиці Д.7

11:00	21,1	47	875	5450	0,756	0,83	4,12	4,10	1,92	1,85
11:00	21,1	47	875	5450	0,708		3,567		1,75	
11:00	22,0	45	767	5400	0,9		4,678		1,89	
11:00	22,0	45	767	5450	0,88		3,97		1,99	
11:00	22,0	47	767	5450	0,91		4,1		1,89	
11:00	22,0	47	767	5450	0,92		3,98		1,91	
11:00	22,0	47	767	5450	0,97		4,7		2,1	
11:00	22,0	45	767	5500	0,86		3,7		1,83	
11:00	22,0	45	767	5500	0,87		4,13		1,78	
11:00	22,0	47	760	5450	0,79		4,15		1,72	
11:00	22,0	47	775	5450	0,74		4,15		1,65	
11:00	21,1	47	775	5450	0,76		3,98		1,88	
12:00	22,0	45	775	5330	0,87	0,87	3,76	4,05	1,98	1,96
12:00	22,0	45	775	5330	0,92		3,81		2,23	
12:00	22,0	47	775	5500	0,91		4,2		1,9	
12:00	22,0	47	775	5330	0,86		4,23		1,85	
12:00	22,0	47	775	5330	0,91		4,45		2,02	
12:00	22,0	45	775	5330	0,76		3,85		1,82	
13:00	22,0	45	775	5400	0,76	0,80	3,95	4,11	1,91	1,92
13:00	22,0	47	767	5450	0,87		4,24		1,78	
13:00	22,0	47	767	5450	0,92		4,35		1,94	
13:00	22,0	45	767	5450	0,599		4,23		2,05	
13:00	22,0	45	767	5400	0,79		3,97		1,87	
13:00	22,0	47	767	5400	0,895		3,96		1,98	

Продовження таблиці Д.7

14:00	22,2	47	767	5450	0,897	0,78	3,75	3,90	0,9	1,55
14:00	22,2	47	767	5450	0,76		3,78		1,75	
14:00	21,1	45	767	5500	0,705		4,156		1,63	
14:00	22,2	45	767	5450	0,689		4,21		1,67	
14:00	21,1	47	767	5600	0,83		4,15		1,7	
14:00	21,1	47	767	5650	0,895		3,57		1,78	
14:00	21,1	45	767	5650	0,789		3,87		1,67	
14:00	21,1	45	767	5600	0,768		3,45		1,87	
14:00	21,1	47	675	5450	0,802		4,14		1,78	
14:00	22,2	47	800	5450	0,76		3,96		0,8	
15:00	22,4	47	679	5320	0,756	0,746	3,78	3,83	1,67	1,49
15:00	22,4	45	679	5320	0,657		3,89		1,57	
15:00	22,4	45	679	5320	0,756		3,67		1,66	
15:00	22,4	47	679	5320	0,685		4,23		1,52	
15:00	23,0	47	679	5500	0,72		4,23		1,78	
15:00	21,1	47	679	5500	0,76		3,89		1,45	
15:00	21,1	47	679	5500	0,79		3,25		1,49	
15:00	21,1	47	679	5500	0,83		3,78		0,96	
15:00	22,4	47	679	5320	0,756		3,78		1,35	
Ср. знач.	21,64	45,97	761,80	5423,08						

Таблиця Д.9

Результати самооцінювання рівнів уваги та безпеки (УБ), задоволеності, візуального комфорту та вподобання (ЗВВ) та працездатності (П) в залежності від вікової групи та робочого часу при суміщеному освітленні денного спектра

Вікова група	9:00 - 11:00					11:00 - 13:00					13:00 - 15:00				
	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм
22-40 pp.	1	5	21	4	30	1	5	21	4	30	1	5	21	3	29
	2	5	21	4	30	2	6	20	3	29	2	4	20	3	27
	3	5	17	3	25	3	5	19	3	27	3	4	20	3	27
	4	4	16	3	23	4	5	18	3	26	4	4	20	4	28
	5	4	16	5	25	5	4	17	3	24	5	4	19	4	27
	6	4	17	3	24	6	4	17	2	23	6	4	16	3	23
	7	4	15	3	22	7	5	17	2	24	7	5	17	3	25
	8	3	15	2	20	8	4	16	3	23	8	3	17	4	24
	9	3	14	3	20	9	5	15	3	23	9	3	15	2	20
	10	2	15	2	19	10	4	16	2	22	10	3	17	2	22
	11	4	16	2	22	11	5	18	3	26	11	3	15	2	20
	12	2	15	2	19	12	5	18	3	26	12	2	16	2	20
	13	4	16	3	23	13	4	16	2	22	13	2	15	2	19
	14	3	14	3	20	14	2	12	2	16	14	2	12	2	16
						15	4	19	4	27					
						16	4	16	3	23					
						17	4	16	2	22					
						18	5	20	4	29					
						19	3	17	4	24					
						20	5	17	3	25					
						21	5	18	3	26					
41-60 pp.	1	5	15	3	23	1	4	16	4	24	1	3	14	2	19
	2	4	14	3	21	2	3	15	3	21	2	3	14	3	20
	3	4	15	3	22	3	4	14	3	21	3	3	14	3	20
	4	4	14	3	21	4	3	16	3	22	4	3	14	3	20
	5	3	13	3	19	5	3	14	3	20	5	3	13	3	19
	6	3	13	2	18	6	3	16	3	22	6	2	13	2	17
	7	3	13	3	19	7	3	14	2	19	6	1	12	2	15
	8	3	14	2	19	8	3	14	2	19					
						9	3	13	3	19					

Табл. Д.10

Результати самооцінювання рівнів уваги та безпеки (УБ), задоволеності, візуального комфорту та вподобання (ЗВВ) та працездатності (П) в залежності від вікової групи та робочого часу при суміщеному освітленні холодного спектра

	9:00 - 11:00					11:00 - 13:00					13:00 - 15:00				
	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм	№	УБ	ЗВВ	П	Сумм
22-40 pp.	1	4	19	3	26	1	5	19	4	28	1	5	19	3	27
	2	4	20	3	27	2	5	16	4	25	2	4	20	3	27
	3	4	18	3	25	3	5	17	3	25	3	4	19	3	26
	4	4	16	2	22	4	5	18	3	26	4	4	20	4	28
	5	5	16	3	24	5	4	16	3	23	5	5	16	4	25
	6	3	18	2	23	6	6	16	2	24	6	4	13	3	20
	7	4	15	2	21	7	5	14	3	22	7	4	15	3	22
	8	3	16	2	21	8	5	13	3	21	8	3	12	4	19
	9	3	14	3	20	9	5	15	2	22	9	3	15	2	20
	10	3	16	2	21	10	4	16	3	23	10	3	17	2	22
	11	5	16	2	23	11	5	18	3	26	11	3	15	2	20
	12	5	14	2	21	12	5	13	3	21	12	3	16	2	21
	13	4	13	2	19	13	4	16	2	22	13	2	15	2	19
	14	3	12	3	18	14	2	12	2	16	14	2	12	2	16
						15	4	19	4	27					
						16	4	16	3	23					
						17	4	16	2	22					
						18	5	16	4	25					
						19	3	15	4	22					
						20	5	15	3	23					
						21	5	15	3	23					
41-60 pp.	1	4	14	3	21	1	4	12	4	20	1	4	13	2	19
	2	3	12	2	17	2	4	15	3	22	2	4	14	3	21
	3	3	10	3	16	3	5	15	3	23	3	4	11	2	17
	4	4	15	3	22	4	4	16	3	23	4	3	11	3	17
	5	5	13	3	21	5	3	15	3	21	5	3	14	3	20
	6	3	13	2	18	6	4	16	3	23	6	3	13	1	17
	7	5	12	3	20	7	4	14	2	20	6	2	12	2	16
	8	3	13	2	18	8	3	14	1	18					
						9	3	16	2	21					

« 10 » лютого 2025 р.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
УДУНТ

д.т.н., проф.

Юрій ПРОЙДАК

до спеціалізованої вченої ради

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Журбенко Валерії Миколаївни на тему
«Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища» на здобуття ступеню доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» у виробництво

Результати проведених досліджень у напрямку комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт підвищеної небезпеки, отримані здобувачем наукового ступеня доктора філософії Журбенко Валерією Миколаївною, що навчається на освітньо-науковій програмі «Цивільна безпека» спеціальності 263 «Цивільна безпека» в Українському державному університеті науки і технологій (м. Дніпро) на кафедрі охорони праці, цивільної та техногенної безпеки ННІ ПДАБА (наукові керівники – д.т.н., проф. Беліков А.С., к.т.н., проф. Саньков П.М.), зокрема, комплексна методика та алгоритм оцінювання безпеки, працездатності та функціонального стану працівників при виконанні зорових робіт високої складності (Рис.1), які розроблені в ході виконання дисертаційного дослідження, використовуються Енерго-інноваційним Хабом у рамках комплексної оцінки безпеки заходів енергоефективного напрямку у рамках наступних реалізованих проєктів:

- «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС з енергоефективності в Україні» (FEER), що реалізується в Україні Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням уряду Німеччини.

- Проєкт 101127884 – The BRIDGE. Подолання розриву між університетом і промисловістю.

магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі.

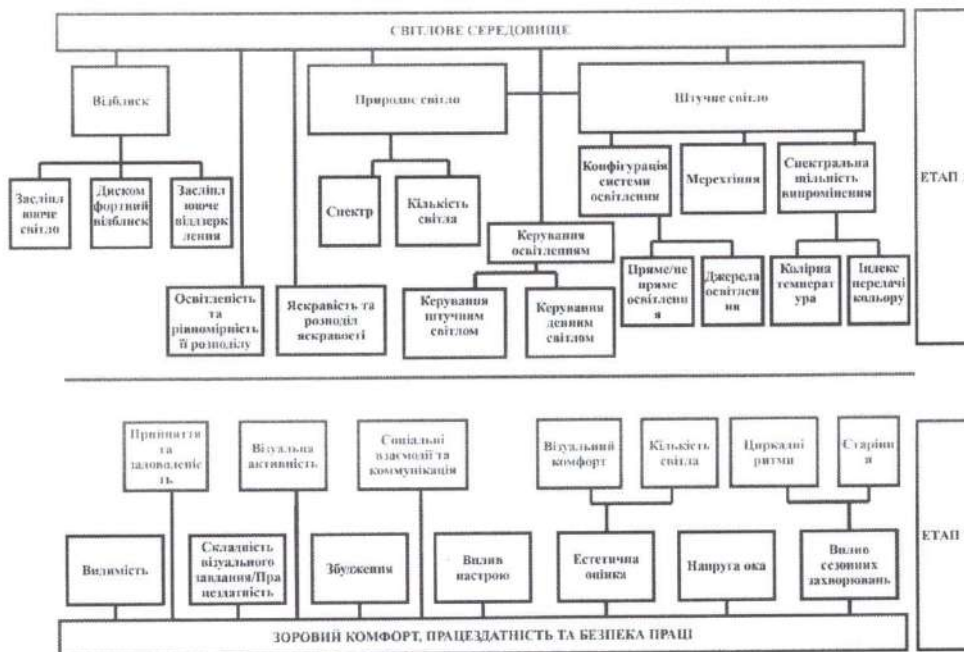
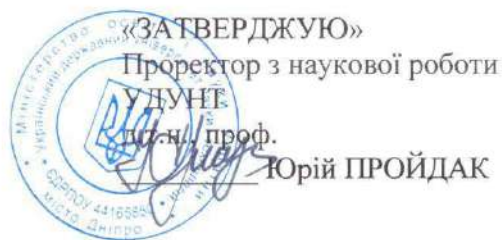


Рис. 1. Алгоритм покрокового циклу оцінки зорового комфорту, працездатності та безпеки праці з урахуванням впливу природного та штучного освітлення на безпеку виконання робіт високої зорової складності.

Використання результатів застосування методики комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт високої зорової складності успішно використана у практиці діяльності Енерго-інноваційного Хабу, що доводить високу науково-теоретичну та прикладну значущість досліджень світлового середовища для підвищення рівня безпеки та працездатності працюючих під час виконання робіт високої точності, впровадження має соціальний ефект.

Керівник
Енерго-інноваційного Хабу
ННІ ПАДАБ АДУНТ
к. т. н., доцент


Свген ЮРЧЕНКО



« 19 » лютого 2025 р.

до спеціалізованої вченої ради

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Науково-дослідницької роботи у виробництво

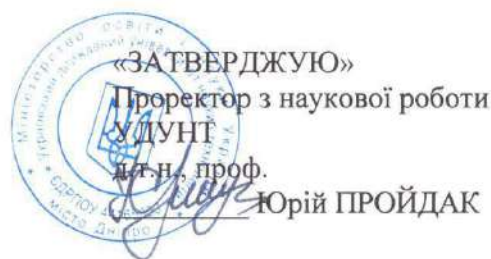
Ми, нижчепідписані, комісія у складі представників від кафедри «Екології та охорони навколишнього середовища» - завідувача кафедри к. т. н., професора Санькова П.М., к.т.н., доц. Гільова В.В, склали цей акт про те, що пропозиції рішень із методики комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт високої зорової складності, які розроблялись у рамках дисертаційної роботи Журбенко Валерії Миколаївни на тему **«Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища»** – впроваджено в учбовий процес бакалаврів зі спеціальності: 101 «Екологія».

Завідувач кафедри
«Екології та ОНС» ННІ ПДАБА УДУНТ
к.т.н., проф.

Петро САНЬКОВ

Доцент кафедри
«Екології та ОНС» ННІ ПДАБА УДУНТ
к.т.н., доц.

Володимир ГІЛЬОВ



« 21 » січня 2025 р.

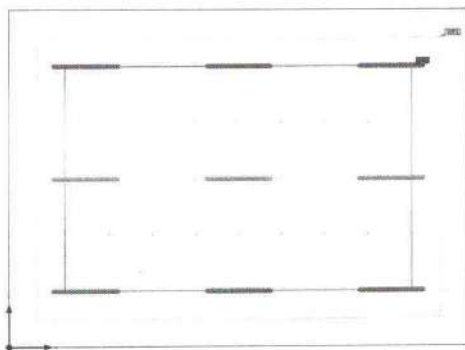
до спеціалізованої вченої ради

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Журбенко Валерії Миколаївни на тему
«Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища» на здобуття ступеню доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» у виробництво

Ми, нижчепідписані, комісія у складі представників від кафедри «Архітектура» - завідувача кафедри к.т.н., проф. Захарова Ю.І., к.т.н., доцента Маковецького Б.І., склали цей акт про те, що пропозиції рішень на базі складеної у рамках дисертаційної роботи Журбенко Валерії Миколаївни на тему **«Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища»** методики комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт високої зорової складності, використано для дослідження якості світлового середовища в навчально-комп'ютерній аудиторії №406 (рис. 1)

а



б

Звіт

Project data

Параметр	Визначення	Позначка	Відхилення	Позначення
Діаметр світла	1	0.201 м	—	0.201
Кількість світла	Визначення	0.201 м	0.201 м	0.201
Вісність	0.201 м	0.201 м	0.201 м	0.201
Розмір світлового середовища	0.201 м	0.201 м	0.201 м	0.201
Обсяг світлового середовища	0.201 м	0.201 м	0.201 м	0.201
Висота	0.201 м	0.201 м	0.201 м	0.201
Висота	0.201 м	0.201 м	0.201 м	0.201

Рис. 1. а) схема розміщення світильників в ауд 406 б) фрагмент звіту

Завідувач кафедри
«Архітектура» ННІ ПДАБА УДУНТ
к.т.н., проф.
Доцент кафедри
«Архітектура» ННІ ПДАБА УДУНТ
к.т.н., доц.

Юрій ЗАХАРОВ

Борис МАКОВЕЦЬКИЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор
 ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ»
 11398137
 20 р.
 ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ»
 49071,
 Проспект Праці, буд. 21
 м.Дніпро,
 Дніпропетровська обл.
 ЄДРПОУ 4139837

УЗГОДЖЕНО

Навчально-науковий інститут
 «Придніпровська державна
 академія будівництва та
 архітектури»
 Українського державного
 університету науки і технологій
 Директор ННІ ПДАБА УДУНТ
 д.т.н., професор
 В. В. Данішевський
 « 24 » січня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Журбенко Валерії Миколаївни на тему «Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища »

Ми, нижчепідписані члени комісії у складі представників від ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ»

директора ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ» Тимошенко О.В.;

гол. інженера Тутик Г.В.;

геодезиста Тесленко Д. С.

з однієї сторони та представників ННІ ПДАБА УДУНТ

д.т.н., проф., зав. кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки
 Белікова А. С.

асистента кафедри кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки
 Журбенко В. М

з іншої сторони,

склали акт про те, що в період з 01.12.2023 по 12.12.2024 р. на підприємстві ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ» була впроваджена «Методика комплексної оцінки світлового середовища при виконанні робіт високої зорової складності» при оцінці робочих місць проектувальників у урахуванням вимог до систем освітлення в робочому приміщенні.

Впровадження комплексної методики дозволило визначити необхідні параметри освітлення на робочих місцях з урахуванням виконання зорових робіт високої складності, що доводить високу науково-теоретичну та прикладну значущість досліджень світлового середовища робочих приміщень і дає можливість оцінити вплив світлового середовища на безпеку, працездатність та психофізіологічного стан працюючих. Впровадження має соціальний ефект.

Директор
 ТОВ «УКРСІТІСТРОЙ»

Гол. інженер

Геодезист

Тимошенко О.В.;
 Тутик Г.В.;
 Тесленко Д. С.