

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка проекту системи освітлення приміщень корпусу №4**
Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського
державного університету

Виконав: студент 6 курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

_____ Карманов В. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Костик Л. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Трембач Р.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Карманову Валерію Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка проекту освітлення приміщення корпусу №4
Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 9 » листопада 2022 року № 4/7-883

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Відомості про об'єкт, нормативні параметри для проектування

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Обґрунтування актуальності тематики кваліфікаційної роботи; світлотехнічний та електричний розрахунки освітлювальної установки, моделювання освітлювальної установки, аналіз результатів дослідження, формування висновків дослідження та вироблення рекомендацій щодо застосування результатів роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Плани поверхів будівлі; результати світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки; електричні схеми установки; результати моделювання установки; результати дослідження спроектованої установки, загальні висновки роботи.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм–61. - Т. : ТНТУ, 2022.

Стор. 75; рис. 35; табл. 12; креслень (слайдів)- 17 ; джерел - 11 ; додатків - 1.

Кваліфікаційна робота виконана на підставі завдання на тему: «Розробка проекту системи освітлення приміщень корпусу № 4 Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету».

Мета роботи: розробити проект освітлення приміщень Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету із сумарною площею освітлюваних приміщень 3625,92 м².

Ключові слова: ОСВІТЛЮВАЛЬНА УСТАНОВКА, ОСВІТЛЕНІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналітичний розділ	8
1.1 Освітлення в закладах освіти	8
1.2 Освітлення приміщень комп'ютерних класів	9
1.3 Модернізація освітлення з точки зору енерго- та біоефективності	12
1.4 Характеристика об'єкта проектування	15
1.5 Висновки до розділу 1	18
2 Проектно–конструкторський розділ	19
2.1 Вибір значення нормованої освітленості	19
2.2 Вибір типу світильників	20
2.3 Вибір типу світильників для спортзалу	23
2.4 Розрахунок кількості світильників.	26
2.5 Розрахунок електричної частини системи освітлення	34
2.6 Висновки до розділу 2	40
3 Розрахунково–дослідницький розділ	41
3.1 Моделювання світлового середовища комп'ютерного класу	41
3.2 Розрахунок параметрів світлового середовища	45
3.3 Визначення коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки ..	55
3.4 Оцінка достовірності розрахунків	57
3.5 Висновки до розділу 3	59
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	61
4.1 Вимоги електробезпеки	61
4.2 Групи з електробезпеки електротехнічного персоналу та умови їх присвоєння	61
4.3 Періодичність і порядок перевірки знань у електротехнічного персоналу	63
4.4 Засоби захисту, призначені для забезпечення електробезпеки	65

Загальні висновки	68
Перелік посилань	70
Додаток А	72

ВСТУП

Актуальність теми. Перебування молоді шкільного віку в навчальних закладах протягом тривалого часу вимагає створення належних санітарно-гігієнічних умов. Однією із важливих складових впливу на організм є світловий клімат у навчальних приміщеннях. Освітлення впливає на комфорт, фізіологічний та психоемоційний стан учасників освітнього процесу, здатність засвоювати інформацію. На даний час у багатьох закладах освіти, особливо невеликих міст та селищ, все ще застосовують застаріле світлотехнічне обладнання, яке не тільки не здатне повною мірою задовільнити нормативні вимоги до освітлення, але й є затратним в експлуатації. В період енергодефіциту важливим є застосування сучасних енергоощадних технологій освітлення, які здатні забезпечити усі нормативні вимоги до освітлення окремих видів навчальних приміщень та закладу освіти в цілому. Тому розробка загальних принципів проектування освітлення для навчального закладу є актуальним завданням.

Освітлення навчальних закладів регламентується Санітарним регламентом для закладів загальної середньої освіти (2020 р.) та Державними будівельними нормами (Природне і штучне освітлення ДБН В.2.5-28:2018).

Мета роботи: розробити проект освітлення приміщень Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету із сумарною площею освітлюваних приміщень 3625,92 м².

Для досягнення мети у роботі були поставлені і вирішені наступні **завдання:**

- світлотехнічний розрахунок та моделювання систем освітлення приміщень коледжу;
- обґрунтування вибору світлових приладів для приміщень з великою висотою;
- моделювання приміщення комп'ютерного класу з врахуванням спеціальних вимог щодо освітлення;

- розробка та проектування електричної освітлювальної мережі системи живлення освітлювальних установок.

Об'єкт дослідження: процеси забезпечення нормованих параметрів світлового середовища приміщень закладу освіти різного типу та призначення.

Предмет дослідження: світлові прилади із світлодіодними джерелами випромінювання, параметри світлового середовища та їх взаємозв'язок.

Наукова новизна: запропонована методика вибору світлових приладів на основі розрахунку нормованого рівня освітленості від світильників з різними типами кривих сил світла на прикладі спортзалу Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету.

Практична цінність: На основі проведених розрахунків та моделювання освітлювальної установки Гуманітарно-педагогічного коледжу отримано забезпечення всіх нормативних параметрів щодо освітлення приміщень різного типу, при цьому споживана потужність установки склала 14,93 кВт, у той час як при використанні люмінесцентних ламп та ламп розжарення вона становила б 23,92 кВт.

Апробація результатів роботи. Результати, отримані під час написання кваліфікаційної роботи, представлено на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (7–8 грудня 2022 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) [1].

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Освітлення в закладах освіти

Освітлення навчальних закладів регламентується Державними будівельними нормами та Санітарним регламентом для закладів загальної середньої освіти.

Всі приміщення освітніх навчальних закладів повинні бути забезпечені природним та штучним освітленням. Джерелом природного світла є Сонце, штучне освітлення забезпечується світильниками різних типів. Немає значення як саме розміщені вікна в приміщенні, світло повинно падати на робоче місце з лівої сторони. Як показує практика, більшість класів спроектовані саме таким чином, проте система штучного освітлення часто є застарілою.

Різні наукові дослідження дійшли висновку, що умови навчального середовища в навчальних закладах суттєво впливають на настрій, здоров'я та поведінку дітей. Акустичні рівні, опалення, вентиляція повітря є важливими чинниками в середовищі шкіл, коледжів та інших інституцій, але сприятливі умови освітлення відіграють набагато суттєвішу роль для комфортного перебування учасників навчального процесу в закладі освіти. Основними проблемами освітлення навчальних закладів в Україні є низький рівень освітленості через недостатню кількість або вихід з ладу ламп та світильників, занадто старе освітлювальне обладнання, використання неякісних ламп, які не відповідають сучасним вимогам і нормам, неякісне проектування освітлення без необхідного інженерного розрахунку, механізму здійснення контролю тощо. Переважна більшість батьків не приділяють належної уваги освітленню навчальних приміщень, тому й не вимагають покращення світлових умов навчання.

Якісно спроектоване освітлення дозволяє зосередитись на навчанні, знімаючи зайве навантаження з очей. Батьки дітей шкільного віку все частіше помічають, що у дітей погіршується зір. Цього можна уникнути, правильно підібравши освітлювальні прилади для класів та інших шкільних або університетських приміщень.

Перевищення рекомендованих рівнів освітлення також може негативно вплинути на дітей та студентів. Завищений рівень освітленості може викликати головний біль і напругу очей, що не робить навчання продуктивним і якісним.

Вимоги до освітлення навчальних закладів задаються Санітарним регламентом для загальноосвітніх установ від 2020 року. Згідно цього регламенту систему загального штучного освітлення потрібно створювати світильниками з електронними пуско-регулювальними пристроями з такими спектрами випромінювання: білий, теплий білий або натуральний білий. Світлодіодні лампи повинні бути в рамках колірної температури 3500-4000 К. Індекс кольоропередачі повинен бути більше 80, а коефіцієнт пульсації - не менше 10% (в майстернях, із обертовими пристроями менше 5%). В одній кімнаті слід використовувати лампи з однаковою колірною температурою. Цей параметр впливає на баланс двох гормонів — мелатоніну та кортизолу. Перший допомагає людині швидше заснути, а другий — прокинутися і бути активним вранці. Якщо в шкільних класах використовувати «тепле» світло, то діти стають сонними і пасивними. Справедливо і зворотне твердження – «холодне» світло може призвести до надлишкового збудження. Ефективним розв'язанням цієї проблеми стане світло природно-білого кольору.

За європейськими стандартами мінімальний рівень освітленості на партах має бути не меншим, ніж 500 лк. За даними різних досліджень, середня освітленість більшості навчальних приміщень становить 100 – 200 лк.

Враховуючи це, стає зрозуміло, що питання освітлення навчальних приміщень як складова впливу на здоров'я учнів та студентів все ще залишається нерозкритим повною мірою та є актуальним.

1.2 Освітлення приміщень комп'ютерних класів

У даний час кожний навчальний заклад обладнаний комп'ютерною технікою, яка широко впроваджується у навчальний процес. Вимоги до освітлення таких приміщень мають свої особливості і регламентуються ДСанПіН 3.3.2.007-98

«Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Згідно санітарних норм стіни, стеля і підлога та обладнання кабінетів комп'ютерної техніки повинні бути покритими матеріалами з матовою фактурою з коефіцієнтом відбивання: стін — 40-50%, стелі — 70-80%, підлоги — 20-30%, предметів обладнання — 40-60% (робочого столу — 40-50%, корпусу дисплею та клавіатури — 30-50%, шаф та стелажів — 40-60%).

Приміщення з комп'ютерами, як і всі інші навчальні приміщення, повинні мати природне та штучне освітлення. Штучне освітлення повинно створювати на робочих місцях в кабінетах та класах з ПК освітленість не нижчу, ніж приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Нормовані рівні освітленості комп'ютерних класів

Характеристика роботи	Робоча поверхня	Площина	Освітленість, лк
Робота переважно з екранами дисплеїв комп'ютерів (50% робочого часу)	Екран	В	200
	Клавіатура	Г	400
	Стіл	Г	400
Робота переважно з документами (з екранами дисплеїв комп'ютерів менше 50% робочого часу)	Екран	В	200
	Клавіатура	Г	400
	Стіл	Г	500
	Дошка	В	500
Проходи основні	Підлога	В	100

Примітка: В — вертикальна площина, Г — горизонтальна площина.

Загальне освітлення звичайно повинно бути виконано у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників таких класів світлорозподілу: П (прямого світла) та В (переважно відбитого світла). Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих решіток заборонено.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання 50° - 90° з вертикаллю в поздовжній та поперечній площинах повинна становити не більше 200 кд/м^2 , захисний кут світильників повинен бути не менше 40° .

Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення приміщення класу приймається рівним 1,4.

В класах та кабінетах з комп'ютерами потрібно обмежити нерівномірність розподілу яскравості в полі зору учнів. Співвідношення яскравості між робочим екраном та близьким фоном (стіл, зошити, посібники тощо) не повинно перевищувати 5:1, між поверхнями робочого екрану і фону (стіл, обладнання) — 10:1.

Величина коефіцієнту пульсації освітленості не повинна бути більшою за 5%. Розрядні лампи повинні використовуватися в світильниках загального та місцевого освітлення з високочастотними пускорегулюючими апаратами.

Необхідно забезпечити обмеження прямого блиску від джерел природного та штучного освітлення.

Яскравість великих поверхонь (вікна, світильники тощо), які знаходяться у полі зору, не повинна бути більшою за 200 кд/м^2 .

Показник засліпленості для джерел штучного освітлення у кабінетах та класах з комп'ютерами не повинен бути більше 20, показник дискомфорту — не більше 40.

Мірою захисту від прямого блиску має бути зниження яскравості видимої частини джерел світла із застосуванням спеціальних розсіювачів, відбивачів та інших світлозахисних пристроїв, а також правильне розміщення робочих місць відносно світильника.

Повинні забезпечуватися заходи щодо обмеження відбитого блиску на робочих поверхнях (екран, стіл, клавіатура).

Яскравість відблисків на екрані не повинна перевищувати 60 кд/м^2 , а яскравість стелі при застосуванні відбитого освітлення не повинна перевищувати 200 кд/м^2 .

1.3 Модернізація освітлення з точки зору енерго- та біоефективності

В минулому пункті ми зазначали, що система освітлення навчальних закладів України погано впливає на настрій та поведінку учнів, але крім цього, потрібно також звернути увагу на питання енергетичної та біологічної ефективності джерел світла.

Енергоефективність – це раціональне споживання енергетичних ресурсів та покращення співвідношення між корисним ефектом від використання енергетичних ресурсів і їх вартістю.

Зараз питання економії енергії є особливо актуальним, адже в умовах дефіциту енергії великої кількості міст, важливо використовувати енергоощадне обладнання, яке забезпечує необхідні параметри світлового середовища навчальних закладів.

Енергоощадні світлодіодні лампи все частіше замінюють люмінесцентні та лампи розжарювання. Це пояснюється значно вищою світловіддачею світлодіодних ламп порівняно з люмінесцентними і, особливо, з лампами розжарення. Зменшення енергоспоживання освітлювальними установками робить ці джерела світла доступними для шкіл і підприємств, незважаючи на їх вищу вартість. Деякі енергоощадні продукти мають вищу початкову вартість, ніж інші варіанти, але зазвичай вони заощаджують гроші в довгостроковій перспективі. Для прикладу можемо привести розрахунок наявної освітлювальної установки Гуманітарно-педагогічного фахового коледжу Мукачівського державного університету. На даний час корпус цього коледжу загальною площею $3625,92 \text{ м}^2$ освітлюється люмінесцентними лампами та лампами розжарення загальною потужністю $23,92 \text{ кВт}$, в той час як споживана потужність проєктованої світлодіодної системи освітлення становить $14,35 \text{ кВт}$, що менше майже вдвічі. Тому модернізація системи освітлення окупиться уже за кілька років експлуатації.

Енергоефективність також є важливою компонентою у захисті довкілля через досягнення чистих нульових викидів вуглецю через декарбонізацію. Це є одним із складових екологічної ефективності.

Одним з варіантів для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище є заміна застарілих люмінесцентних ламп на світлодіодні. Вони є більш екологічним джерелом внутрішнього освітлення, оскільки не мають ультрафіолетового випромінювання, яке може призвести до розвитку меланоми та викликати опіки сітківки ока при тривалому впливі. Люмінесцентні лампи містять у своєму складі ртуть, і на відміну від світлодіодних ламп, при пошкодженні лампи її не можна викидати разом з побутовими відходами.

Ще однією серйозною проблемою для довкілля є вилучення ртуті з люмінесцентних ламп через невідомі або неіснуючі пункти збору ламп. В результаті багато ламп викидаються разом з побутовими відходами та відправляються на звалища, де ртуть просочується в ґрунт і ґрунтові води, що в майбутньому негативно вплине на здоров'я місцевих жителів і навколишнє середовище в цілому. Забезпечення утилізації люмінесцентних ламп зменшать забруднення навколишнього середовища.

Важливим параметром при виборі джерел світла є їх біологічна ефективність, тобто залежність фізіологічного та психологічного стану людини від спектральних характеристик ламп. Науковцями встановлено, що випромінювання з більшою синьою складовою (холодне біле світло) чинить більший біологічний вплив, ніж випромінювання з більшою червоною складовою (тепле біле світло).

Незорова дія світла і темряви реалізується керуванням біологічним годинником, який також керує процесами вироблення і подавлення гормонів у шишкоподібному тілі. Гормон мелатонін, який стимулює сон, виробляється ввечері та вночі і подавляється рано вранці і вдень. Гормон кортизол, який забезпечує тіло енергією, виробляється вранці і подавляється ввечері і вночі. Тобто, в денний час людина потребує біологічно ефективне світло, а ввечері – біологічно малоефективне світло. На рис.1.1 показано відносний спектр біологічної дії і відносна спектральна світлова ефективність для денного зору людини.

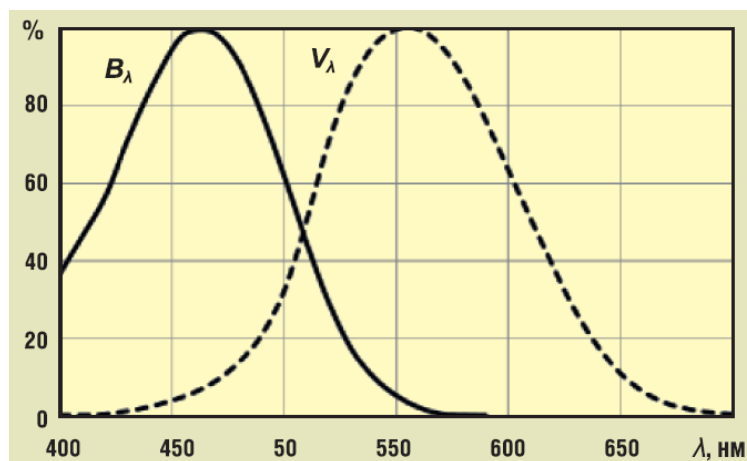


Рисунок 1.1 – Відносна спектральна світлова ефективність випромінювання для денного зору V_λ і відносний спектр біологічної дії B_λ .

На рис.1.2, 1.3 показано відносні спектри випромінювання лампи розжарення,, компактної типової КЛЛ з $T_\kappa = 2700$ і СДЛ з $T_\kappa = 2700$ і 4000 К.

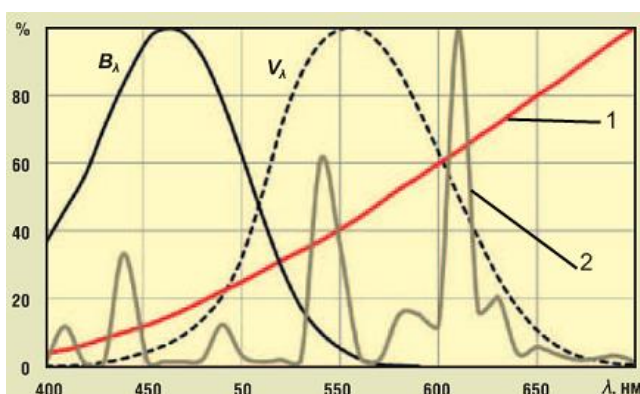


Рисунок 1.2 – Відносні спектри випромінювання E_λ ЛР (крива 1) і типової КЛЛ з $T_\kappa = 2700$ К (крива 2), відносна спектральна ефективність випромінювання для денного зору V_λ , відносний спектр біологічної дії B_λ .

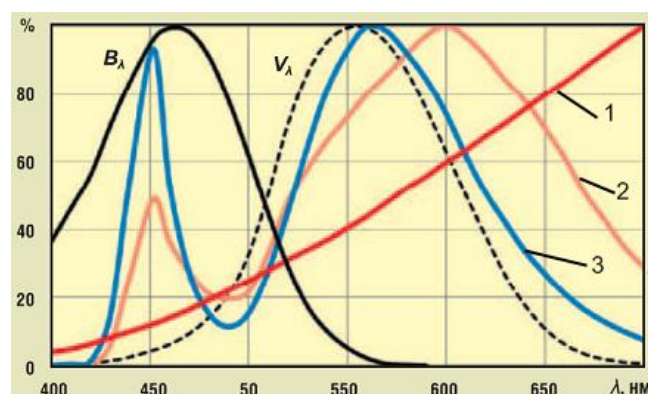


Рисунок 1.3. – Відносні спектри випромінювання E_λ ЛР (крива 1) і типової СДЛ з $T_\kappa = 2700$ К (крива 2) і 4000 К (крива 3), відносна спектральна ефективність випромінювання для денного зору V_λ , відносний спектр біологічної дії B_λ .

Як бачимо з представлених рисунків, світлодіодні джерела випромінювання з $T_\kappa = 4000$ К мають найбільшу частку випромінювання в області біологічної дії порівняно з лампами розжарення та люмінесцентними лампами. Проте такі джерела світла мають нижчий індекс кольоропередачі, ніж світлодіоди з $T_\kappa = 2700$. Тому при

розробці проекту освітлення навчального класу необхідно брати до уваги для чого призначене конкретне приміщення і які зорові роботи будуть виконуватися у ньому.

1.4 Характеристика об'єкта проектування

Гуманітарно-педагогічний коледж Мукачівського державного університету є найстарішим педагогічним закладом на Закарпатті, який орієнтованим на реалізацію змісту освіти на освітньо-кваліфікаційному рівні «молодший бакалавр», відповідно до державних стандартів освіти.

У коледжі навчаються 922 студенти, з яких 20 студентів у групах, що готують вчителів початкової освіти для шкіл угорських національних меншин. Навчально-виховний процес в коледжі здійснюють понад 100 педагогічних працівників, з яких 7 - кандидати наук, 25 - спеціалісти вищої категорії.

Він розташований за адресою: 89611, вулиця Комунарів, 59, Мукачево, Закарпатська область. На рис.1.4 показано зовнішній вигляд коледжу.



Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд коледжу

Плани приміщень коледжу подано у додатках. Будівельні характеристики даного об'єкту заносимов таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика приміщень коледжу

№	Назва приміщення	Площа S , m^2	Висота h , m
1 поверх			
1	Аудиторія 1	46,25	3
2	Аудиторія 1а	14,18	3
3	Аудиторія 1б	20,79	3
4	Аудиторія 2	42,84	3
5	Аудиторія 3	38,13	3
6	Аудиторія 4	26,25	3
7	Аудиторія 4а	16,69	3
8	Аудиторія 5	19,06	3
9	Аудиторія 6	17,46	3
10	Аудиторія 6а	32,9	3
11	Аудиторія 7а	17,36	3
12	Аудиторія 7	47,19	3
13	Аудиторія 8	52,19	3
14	Коридор 1	64,25	3
15	Фойє	204,34	3
16	Коридор 2	96,59	3
17	Туалет	29,16	3
18	Аудиторія 107	14,75	3
19	Аудиторія 108	16,52	3
20	Аудиторія 109	17,55	3
21	Буфет	63,24	3
22	Їдальня	112,2	3
23	Кухня	35,98	3
24	Коридор 3	65,4	3
25	Аудиторія 9	45,22	3
26	Аудиторія 9а	45,52	3
27	Лекційна аудиторія 10	70,75	3
28	Спортзал 11	79,9	6
29	Підсобка	44,83	3

Продовження таблиці 1.1

2 поверх			
1	Аудиторія 13	16,86	3
2	Аудиторія 14	16,19	3
3	Аудиторія 15	15,57	3
4	Аудиторія 16	16,35	3
5	Аудиторія 17	48,85	3
6	Аудиторія 18	15,13	3
7	Аудиторія 19	18,16	3
8	Аудиторія 20	16,66	3
9	Аудиторія 21	15,49	3
10	Аудиторія 22	56,95	3
11	Аудиторія 23	55,92	3
12	Аудиторія 24	60,68	3
13	Аудиторія 25	61,44	3
14	Аудиторія 26	60,15	3
15	Аудиторія 27	60,98	3
16	Аудиторія 28	62,75	3
17	Аудиторія 29	61,63	3
18	Аудиторія 29а	20,27	3
19	Аудиторія 30	52,13	3
20	Аудиторія 30а	24,91	3
21	Коридор	257,1	3
22	Туалет 1	43,02	3
23	Туалет 2	38,78	3
3 поверх			
1	Аудиторія 31	16,86	3
2	Аудиторія 32	16,19	3
3	Аудиторія 33	15,57	3
4	Аудиторія 34	16,35	3
5	Аудиторія 35	48,85	3
6	Аудиторія 36	15,13	3
7	Аудиторія 37	18,16	3
8	Аудиторія 37а	36,49	3
9	Аудиторія 38	16,66	3
10	Аудиторія 39	15,49	3
11	Аудиторія 40	56,95	3

Продовження таблиці 1.1

12	Аудиторія 41	55,92	3
13	Аудиторія 42	60,68	3
14	Аудиторія 43	61,44	3
15	Аудиторія 44	60,15	3
16	Аудиторія 45	60,98	3
17	Аудиторія 46	62,75	3
18	Аудиторія 47	61,63	3
19	Аудиторія 47а	20,27	3
20	Аудиторія 48	52,13	3
21	Аудиторія 48а	24,91	3
22	Туалет 1	43,02	3
23	Туалет 2	38,78	3
24	Коридор	257,1	3

Сумарна площа першого поверху становить 1397,49 м², другого поверху – 1095,97 м², третього – 1132,46 м². Сумарна площа приміщень трьох поверхів – 3625,92м².

1.5 Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз основних вимог до параметрів освітлення в закладах освіти в цілому та спеціальні вимоги до освітлення комп'ютерних класів, поданих в Санітарному регламенті для закладів загальної середньої освіти (2020 р.) та Державних будівельних нормах (Природне і штучне освітлення ДБН В.2.5-28:2018).
2. На основі аналізу енергоефективності та біологічної ефективності випромінювання обґрунтовано вибір світлодіодних джерел світла для проектованої освітлювальної установки.
3. Подано характеристики приміщень Гуманітарно-педагогічного коледжу Мукачівського державного університету.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір значення нормованої освітленості

Нормована освітленість — мінімально допустима освітленість робочої поверхні.. Значення освітленості залежить від характеру зорової роботи, розміру різних предметів, фону і контрасту предметів, типу і системи освітлення, типу джерела світла та інших факторів. Усі нормативні стандарти освітлення наведені в галузевих нормативах, ДБН і навчальних матеріалах. Для аудиторії мінімальна освітленість $E_{\min} = 400 \text{ лк}$, для кухні, їдальні та буфету $E_{\min} = 150 \text{ лк}$, для спортзалу - $E_{\min} = 300 \text{ лк}$. Мінімальна освітленість допоміжних місць $E_{\min} = 75 \text{ лк}$. В якості джерела світла ми будемо використовувати світлодіодні лампи.

Вибір коефіцієнта запасу і додаткової освітленості. Зменшення світлового потоку освітлювальної установки внаслідок забруднення ламп і джерел світла (навіть при регулярному очищенні) і їх старіння враховується в розрахунку за допомогою коефіцієнта запасу, тобто відношення світлового потоку нової лампи до світлового потоку тієї ж лампи в кінці терміну служби лампи. Коефіцієнт запасу підбирається залежно від характеристик приміщення і типу джерела світла відповідно до галузевих стандартів освітлення. При розрахунку освітленості в будь-якій точці враховуються світлові потоки тільки найближчих світильників. Для врахування впливу дальніх світильників і відбитих потоків у формулі розрахунку використовують коефіцієнт додаткової освітленості, який залежить від коефіцієнтів відбивання стін і стелі приміщення та від світлорозподілу світильників. Значення коефіцієнта додаткової освітленості наведено в літературі.

2.2 Вибір типу світильників

Від правильного підбору світильників залежить ефективність і економічність освітлювальних установок. Тому необхідно враховувати умови навколишнього середовища, розподіл світла світильників, необхідний для проектування освітлювальної установки; економічну доцільність застосування, ергономічні вимоги до конструктивного виконання світильників.

Для сухих і опалювальних приміщень тип світильника підбирається на основі технічних характеристик світильника, а для приміщень з важкими умовами роботи ще й за продуктивністю. При цьому не можна використовувати лампи більшої потужності, ніж дозволено для конкретного світильника. В іншому випадку світильник перегріється і вийде з ладу ізоляція на ввідному проводі.

Для освітлення приміщень коледжу я вибрав світлодіодні світильники, які за своїми параметрами підходять для приміщень різного типу (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Типи світильників для освітлення коледжу

Назва приміщення	Світильник
Аудиторії	PhilipsRC132V G5 36S/840 PSU W60L60 OC
Кухня-їдальня	PBL ARMSTRONG 20
Спортзал	ДСП45У-3х20-521
Допоміжні приміщення	PBL SPOT-170-12

Зовнішній вигляд, параметри та характеристики запропонованих світильників подані на рис. 2.1-2.7.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд світильника PhilipsRC132V

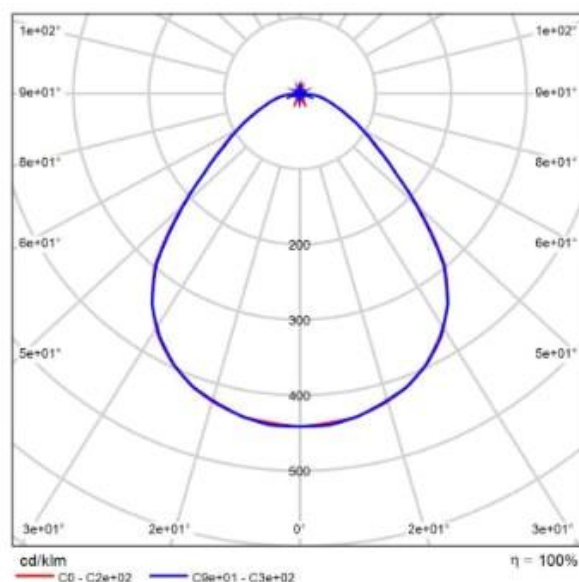


Рисунок 2.2 – КСС світильника Philips RC132V

Потужність світильника 28,5 Вт, світловий потік 3600 лм. Світильник призначений для загального освітлення навчальних закладів, офісних приміщень, торговельних залів та медичних установ. Він забезпечує рівномірне освітлення завдяки дифузному розсіювачу. Можливе виконання із світловодами з колірною температурою 3000 або 4000 К.

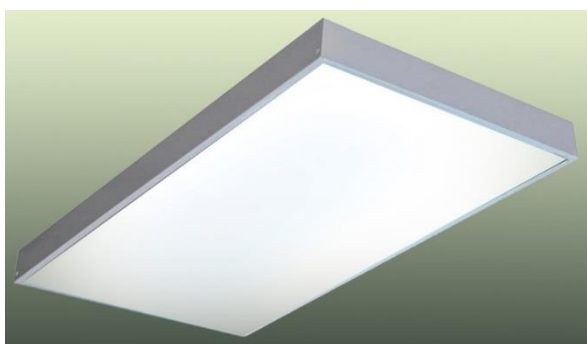


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд світильника ProBrightLight ARMSTRONG 20

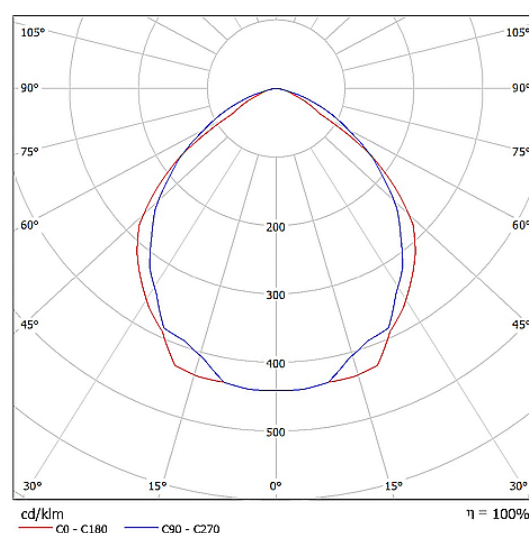


Рисунок 2.4 – КСС світильника ProBrightLight ARMSTRONG 20

Потужність такого світильника 18 Вт, світловий потік 2130 лм, IP 44. Даний світильник призначений для загального освітлення навчальних закладів, виставкових залів, офісних приміщень, торгових площ, кухонь та їдалень.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд світильника DSP45U-3x20-521

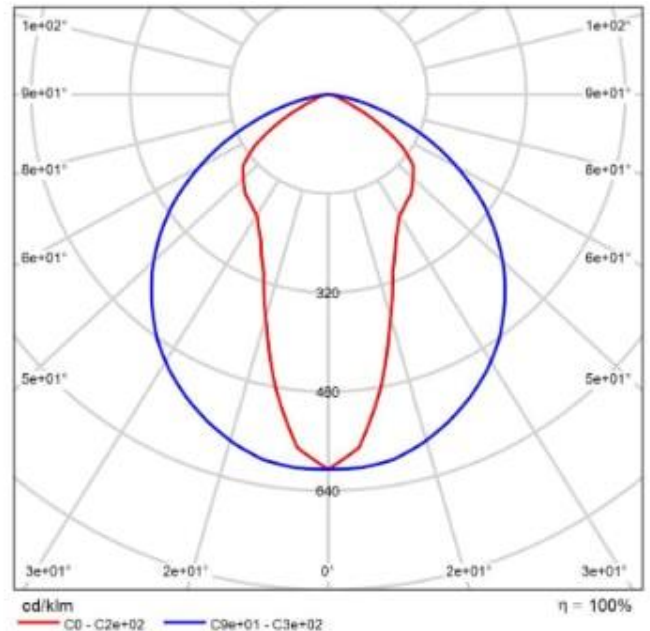


Рисунок 2.6 – КСС світильника DSP45U-3x20-521

Потужність світильника 66 Вт, світловий потік 4050 лм, IP65. Така конструкція світильника добре підходить для загального та аварійного освітлення високих виробничих, адміністративних, складських приміщень та освітлення спортзалу, оскільки його світловий розподіл дозволяє забезпечити рівномірне освітлення для великих відстаней.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд світильника ProBrightLightSPOT-170-12

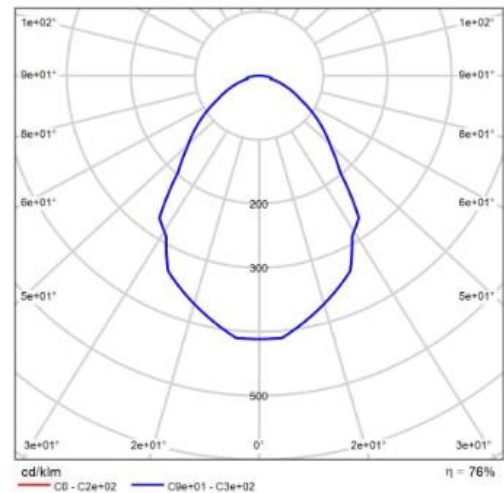


Рисунок 2.8 – КСС світильника ProBrightLightSPOT-170-12

Потужність світильника 17 Вт, світловий потік 2130 лм, IP 44.

2.3 Вибір типу світильників для спортзалу

Вимогою до освітлення робочої площини є рівномірність освітлення. Для класів, коридорів та інших приміщень стандартної висоти рекомендованими є світильники з косинусною КСС. Такі світильники випромінюють у межах кута 150° , забезпечують гарну рівномірність освітлення, але мають невелике значення сили світла. Тому використовувати їх для освітлення приміщень з великою висотою недоцільно.

Розглянемо вибір світильників для спортзалу розмірами $4,50 \times 17,75$ м і висотою 6 м. Згідно з рекомендаціями ДБН освітлення спортзалу здійснюється лінійною схемою у кілька рядів, нормований рівень освітленості 300 лк.

На рис.2.9 подано схему розміщення світильників у поперечній площині спортзалу. Відстань від краю стелі до ряду світильників $b=0,5L=1,12$ м, Висота розміщення світильника над робочою площиною 5,8 м.

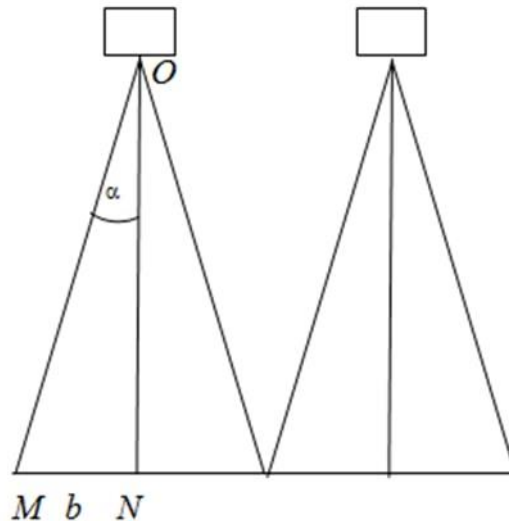


Рисунок 2.9 – Схема розміщення світильників у поперечній площині спортзалу

Для високих приміщень можна використати світильники з глибокою або концентрованою КСС. Проаналізуємо характер розподілу освітленості від світильників трьох типів – з косинусною (Д), з глибокою (Г) та з концентрованою (К) КСС. Розподіл сили світла таких світильників описуються виразом:

$$I_{\alpha} = I_0 \cos n\alpha$$

де I_0 – сила світла в напрямку $\alpha = 0^\circ$,

n – коефіцієнт, який залежить від типу КСС, $n=1$ для КСС типу Д, $n=1,65$ для КСС типу Г, $n=2,91$ для КСС типу К.

Оскільки робочою поверхнею є вся площина, то мінімальне значення освітленості приймаємо також рівне 300 лк. Найменш освітленою точкою буде точка М. Визначимо кут α :

$$\alpha = \arctg \frac{MN}{ON} \arctg \frac{1,1}{5,8} \approx 10^\circ$$

Використовуючи формулу для розрахунку освітлення

$$E = \frac{I_{\alpha}}{l^2} \cos n\alpha = \frac{I_{10}}{MN^2 + ON^2} \cos 10n = \frac{I_{10}}{34,85} \cos 10n$$

визначаємо розподіл освітленості при висоті підвісу світильників 5,8 м для світильників з косинусною, глибокою та концентрованою КСС (рис.2.10).

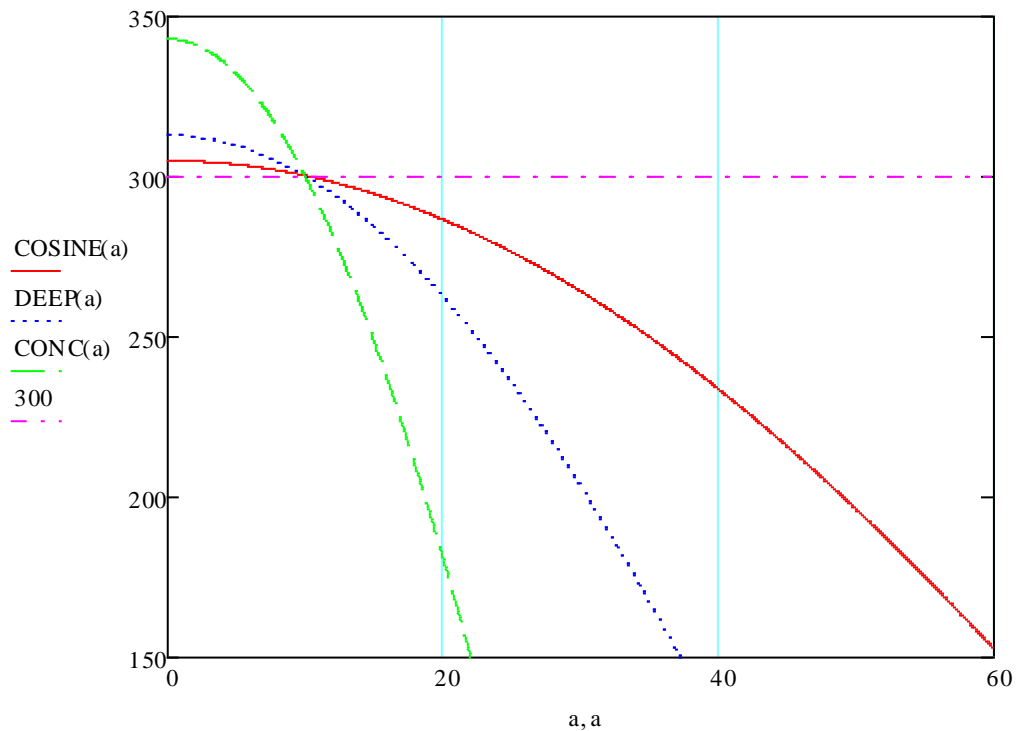


Рисунок 2.10 – Значення освітленості робочої площини спортзалу при висоті підвісу світильників 5,8 м для світильників з косинусною (COSINE),глибокою (DEEP) та концентрованою (CONC) КСС

Значення освітленостей записуються формулами:

$$E_{COSINE} = \frac{I_{\alpha}}{34,85} \cos \alpha$$

$$E_{DEEP} = \frac{I_{\alpha}}{34,85} \cos(1,65\alpha),$$

$$E_{CONC} = \frac{I_{\alpha}}{34,85} \cos(2,91\alpha),$$

згідно яких освітленість у т.М=300 лк.

З графіків знаходимо значення освітленості у т.Ні потім розраховуємо силу світла у напрямку $\alpha = 0^{\circ}$:

$$I_0 = E_0 l^2,$$

$$I_{0(COSINE)} = 305 \times 5,8^2 = 10260 \text{ кД},$$

$$I_{0(DEEP)} = 313 \times 5,8^2 = 10529 \text{ кД},$$

$$I_{0(CONC)} = 343 \times 5,8^2 = 11538 \text{ кд.}$$

Світильники з косинусною КСС випромінюють у межах кута $\alpha_g \approx 150^\circ$ і не можуть досягти такої осьової сили світла. Тоді як світильники з глибокою КСС мають $\alpha_g \approx 80^\circ$, з концентрованою КСС – $\alpha_g \approx 50^\circ$ і знайти такі цілком реально.

Тому мною запропоновано саме такий світильник ДСП45У-3х20-521з глибокою КСС. Проведений розрахунок освітленості від установки, що складається з 12 світильників (рис.2.11), показав, що середній рівень освітленості становить 311 лк, коефіцієнт однорідності $U_0 = 0,6$ при нормі $U_0 \geq 0,6$.

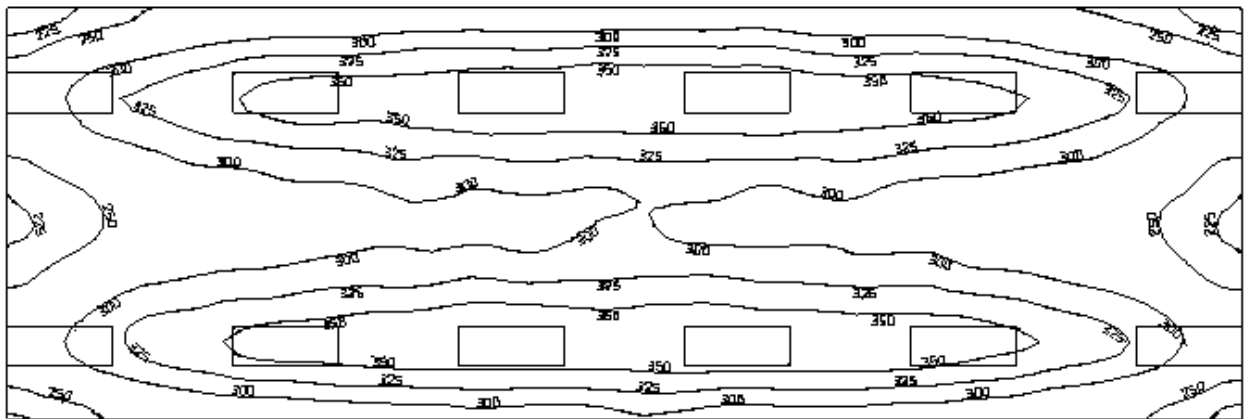


Рисунок 2.11– Ізолінії горизонтальної освітленості спортивного залу при використанні світильника з глибокою КСС

2.4 Розрахунок кількості світильників

Основним завданням проектування освітлювальної установки є забезпечення отримання заданого рівня освітленості і необхідної якості освітлення при найменшому значенні встановленої потужності. Щоб розрахувати загальне освітлення об'єкту для горизонтальної поверхні використовують метод світлового потоку (коефіцієнта використання). Розрахунок за цим методом виконується наступним чином:

- 1) розрахунок освітленості E , необхідної для заданого типу приміщення;
- 2) визначення висоти підвісу світильника визначається за формулою:

$$h_p = h - h_c - h_{p.n}, \quad (2.1)$$

де h – розрахункова висота приміщення,
 h_3 – відстань від перекриття до світильника,
 h_{pn} – розрахункова висота поверхні над підлогою;

3) визначення відстані між сусідніми світильниками або рядами світильників L . Якщо відстань між світильниками різна по довжині і ширині кімнати, то її позначають L_a і L_b ; $0,5L$ -відстань від крайніх ламп або рядів цих світильників до стіни.

Для підвісних світильників $h_3 = 0,3 \dots 0,5$ м, а для плафонів і вбудованих світильників $h_3 = 0,2$ м. Висота звисання може перевищувати $0,5$ м, але в цьому випадку світильник повинен бути встановлений на жорсткому підвісі, який не допускає хитання.

Практика проектування показує, що при рівномірному освітленні світильники доцільно розташовувати у вершинах квадрата або ромба. Якщо їх неможливо розташувати у вершинах квадрата, то їх розміщують у вершинах прямокутника. При цьому бажано, щоб співвідношення великої сторони до малої не було більше за $1,5$.

Для кожного типу ламп є певна оптимальна відносна відстань між лампами λ , яка дорівнює відношенню відстані між ними до висоти підвісу над робочою поверхнею:

$$\lambda = \frac{L}{h_p}. \quad (2.2)$$

При проектуванні не завжди вдається точно витримувати розрахункові відстані, але необхідно докласти зусиль, щоб вони не перевищували допустимі значення. Рекомендується брати відстань між стіною і крайнім світильником $0,5L$. Кількість світильників у ряді та кількість рядів визначають за формулами :

$$N_a = \frac{a}{L}, N_b = \frac{b}{L}, \quad (2.3)$$

де a і b – відповідно довжина і ширина приміщення, м.

Дробові значення N_a і N_b округлюють до цілого числа в більшу сторону. Якщо робоча поверхня прилягає до стіни, то рекомендована відстань між стіною і крайнім світильником рекомендують брати $0,3L$. Положення світильників визначається будь-яким методом розрахунку освітлення.

Для прикладу здійснимо розрахунок освітлення приміщення з найбільшою кількістю світильників, тобто фойє:

- розрахункова висота робочої поверхні:

$$h_p = 3 - 0,2 - 0,8 = 2 \text{ м},$$

- відносна відстань між світильниками:

$$\lambda_a = \frac{2,67}{2} = 1,34,$$

- кількість світильників в ряді та кількість рядів світильників:

$$N_a = \frac{13,35}{2,67} = 5$$

$$N_b = \frac{15,55}{5,183} = 3$$

Завдання світлотехнічного розрахунку – визначити потужність джерел світла для забезпечення освітленості в межах норми. В результаті розрахунків знаходять світловий потік джерела світла, який знаходиться в світильнику. По цьому потоку вибирають стандартний світильник. Відхилення світлового потоку обраного світильника від розрахункового значення припускається в межах $-10..+20\%$. Якщо розбіжність більше, то необхідно змінити кількість світильників, їхнє розміщення, тип і виконати перерахунок, щоб ця розбіжність вкладалася в зазначені допустимі межі. Так проводять прямий розрахунок освітлювальної установки. При проектуванні роблять перевірочний розрахунок, мета якого – визначити фактичну освітленість у розрахункових точках робочих поверхонь по світильниках відомих типів і світлових. Розрахунки обох видів виконують на основі тих самих методів.

У практиці світлотехнічних розрахунків застосовують точковий метод, метод коефіцієнта використання світлового потоку і метод питомої потужності.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку застосовують для знаходження середньої освітленості. Для розрахунку локалізованого освітлення, освітлення похилих і вертикальних поверхонь використовувати його неможна через велику похибку одержуваних результатів. Освітленість визначається за формулою:

$$E = \frac{\Phi_{л} N \eta}{z A k}, \quad (2.4)$$

де $\Phi_{л}$ – світловий потік лампи, встановленої у світильнику, лм;

N – число світильників, що освітлюють поверхню;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

A – площа поверхні, яка освітлюється;

k – коефіцієнт запасу.

Цей вираз використовується задля визначення освітленості в перевірочних розрахунках. При прямому розрахунку з формули знаходять світловий потік лампи, що необхідно встановити у світильник, щоб на розрахунковій поверхні була створена освітленість не нижче нормованої E_{\min} :

$$\Phi_{л} = \frac{E_{\min} A k z}{N \eta} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку, який входить у формулу, вибирають в довідковій літературі залежно від світильника, його ККД та характеру світлового розподілу, коефіцієнтів відбивання стелі, стін і робочої поверхні та від розмірів і форми приміщення, які враховуються індексом приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{\left[h_p (a + b) \right]}, \quad (2.6)$$

Наближені значення коефіцієнтів відбивання для різноманітних приміщень приведені в довідковій літературі.

Для фойє використовуються 15 світильників марки ProBrightLight SPOT-170-12. Вертикальна відстань між світильниками – 5,183 м, а горизонтальна – 2,67 м.

Індекс приміщення фойє становить:

$$i = \frac{13,18 \cdot 15,5}{[2(13,18 + 15,5)]} = 3,52,$$

Визначимо коефіцієнт запасу:

$$k = 1,1.$$

Визначимо коефіцієнт використання світлового потоку

$$\eta = 0,7.$$

Визначимо коефіцієнт мінімальної освітленості

$$z = 1,1.$$

Визначимо світловий потік лампи у одному світильнику:

$$\Phi_{л} = \frac{75 \cdot 204,34 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{0,7 \cdot 15} = 1766,08 \text{ лм},$$

Усі дані розрахунку освітлення всіх приміщень заносимо в табл.2.2:

Таблиця 2.2

Результати розрахунку освітлення першого поверху

№	Назва приміщення	$S, \text{ м}^2$	$E, \text{ лк}$	Світильник	$n, \text{ шт}$	$\Phi_{л}, \text{ лм}$	$P_{л}, \text{ Вт}$	$P, \text{ Вт}$
1	Аудиторія 1	46,25	433	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
2	Аудиторія 1а	14,18	401	Philips RC132V	3	3592	28,5	85,5
3	Аудиторія 1б	20,79	410	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
4	Аудиторія 2	42,84	463	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
5	Аудиторія 3	38,13	509	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
6	Аудиторія 4	26,25	513	Philips RC132V	6	3592	28,5	171
7	Аудиторія 4а	16,69	470	Philips RC132V	4	3592	28,5	114

Продовження таблиці 2.2

8	Аудиторія 5	19,06	434	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
9	Аудиторія 6	17,46	459	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
10	Аудиторія 6а	32,9	435	Philips RC132V	6	3592	28,5	171
11	Аудиторія 7а	17,36	462	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
12	Аудиторія 7	47,19	426	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
13	Аудиторія 8	52,19	434	Philips RC132V	9	3592	28,5	256,5
14	Коридор 1	64,25	79	PBL SPOT-170-2	5	1523	17	85
15	Коридор 2	96,59	78	PBL SPOT-170-2	7	1523	17	119
16	Фойє	204,34	93,4	PBL SPOT-170-2	15	1523	17	255
17	Туалет	29,16	76	PBL SPOT-170-2	2	1523	17	34
18	Аудиторія 107	14,75	403	Philips RC132V	3	3592	28,5	85,5
19	Аудиторія 108	16,52	480	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
20	Аудиторія 109	17,55	461	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
21	Буфет	63,24	195	PBL Armstrong G-20	8	2122	18	144
22	Їдальня	112,2	180	PBL Armstrong G-20	12	2122	18	216
23	Кухня	35,98	166	PBL Armstrong G-20	4	2122	18	72
24	Коридор 3	65,4	65	PBL SPOT-170-2	4	1523	17	68
25	Аудиторія 9	45,22	440	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
26	Аудиторія 9а	45,52	438	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
27	Аудиторія 10	70,75	428	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
28	Спортзал 11	79,9	311	ДСП45У-3x20-521	12	4050	66	792
29	Підсобка	44,83	79	PBL SPOT-170-2	3	1523	17	51
30	Всього	1397,5			187			5113,5

Наостанок розрахуємо освітленість в фойє:

$$E = \frac{1766,08 \cdot 15 \cdot 0,7}{1,1 \cdot 1,1 \cdot 204,34} = 75 \text{ лк},$$

що відповідає нормам освітлення допоміжних приміщень.

Далі йде розрахунок другого та третього поверхів, результати якого заносимо до таблиць 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку освітлення другого поверху

№	Назва приміщення	S, m^2	$E, лк$	Світильник	$n, шт$	$\Phi_{л}, лм$	$P_{л}, Вт$	$P, Вт$
1	Аудиторія 13	16,86	448	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
2	Аудиторія 14	16,19	458	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
3	Аудиторія 15	15,57	468	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
4	Аудиторія 16	16,35	455	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
5	Аудиторія 17	48,85	416	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
6	Аудиторія 18	15,13	477	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
7	Аудиторія 19	18,16	448	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
8	Аудиторія 20	16,66	453	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
9	Аудиторія 21	15,49	470	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
10	Аудиторія 22	56,95	406	Philips RC132V	9	3592	28,5	256,5
11	Аудиторія 23	55,92	411	Philips RC132V	9	3592	28,5	256,5
12	Аудиторія 24	60,68	505	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
13	Аудиторія 25	61,44	500	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
14	Аудиторія 26	60,15	510	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
15	Аудиторія 27	60,98	504	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
16	Аудиторія 28	62,75	492	Philips RC132V	12	3592	28,5	342

Продовження таблиці 2.3

17	Аудиторія 29	61,63	499	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
18	Аудиторія 29а	20,27	400	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
19	Аудиторія 30	52,13	569	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
20	Аудиторія 30а	24,91	487	Philips RC132V	6	3592	28,5	171
21	Коридор	257,1	96,8	PBL Spot-170	23	1523	17	391
22	Туалет 1	43,02	84,5	PBL Spot-170	3	1523	17	51
23	Туалет 2	38,78	88,7	PBL Spot-170	3	1523	17	51
Всього		1096			181			4825

Таблиця 2.4

Результати розрахунку освітлення третього поверху

Назва приміщення	S, m^2	$E, лк$	Світильник	$n, шт$	$\Phi_{л}, лм$	$P_{л}, Вт$	$P, Вт$
Аудиторія 31	16,86	448	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 32	16,19	458	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 33	15,57	468	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 34	16,35	455	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 35	48,85	416	Philips RC132V	8	3592	28,5	228
Аудиторія 36	15,13	477	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 37	18,16	448	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 37а	36,49	429	Philips RC132V	6	3592	28,5	171
Аудиторія 38	16,66	453	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 39	15,49	470	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 40	56,95	406	Philips RC132V	9	3592	28,5	256,5
Аудиторія 41	55,92	411	Philips RC132V	9	3592	28,5	256,5
Аудиторія 42	60,68	505	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 43	61,44	500	Philips RC132V	12	3592	28,5	342

Продовження таблиці 2.4

Аудиторія 44	60,15	510	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 45	60,98	504	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 46	62,75	492	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 47	61,63	499	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 47a	20,27	400	Philips RC132V	4	3592	28,5	114
Аудиторія 48	52,13	569	Philips RC132V	12	3592	28,5	342
Аудиторія 48a	24,91	487	Philips RC132V	6	3592	28,5	171
Туалет 1	43,02	84,5	PBL Spot-170	3	1523	17	51
Туалет 2	38,78	88,7	PBL Spot-170	3	1523	17	51
Коридор	257,1	96,8	PBL Spot-170	23	1523	17	391
Всього	1132,5			187			4996

2.5. Розрахунок електричної частини системи освітлення

Одним із завдань електротехнічних розрахунків освітлювальних установок є вибір перерізу марки проводу, який буде гарантувати, що робочий струм не призведе до перегріву проводу.

Відповідно до ДБН освітлювальна установка живиться від напруги в мережах змінного струму з заземленою нейтраллю до 380/220 В та мережах змінного і постійного струму з заземленою нейтраллю до 220 В. Освітлювальні щити потрібно розміщувати біля головного робочого входу в будинок; бажано у центрі навантаження; там, де технічне обслуговування є простим, а умови навколишнього середовища є сприятливими.

Робоче освітлення повинно живитися від окремого вводу. Проте передбачається, що джерело живлення для освітлювальної установки надходить від загального входу з навантаженням мережі, за умови, що лінія живлення забезпечує відсутність відхилення від номінальної напруги більше, ніж допустимі межі ± 5 і $-2,5\%$.

Марку проводів для освітлювальної мережі та спосіб їх прокладання визначаємо відповідно до умов навколишнього середовища [ПУЕ].

Кожна ділянка мережі освітлення характеризується певним значенням потужності, що передається по ньому, і відповідним значенням струму навантаження. Завданням цього розрахунку є визначення площі перерізу лінії електропередачі. Цей розрахунок можна зробити декількома способами: за струмом навантаження, за втратою напруги (мінімум для струмопровідних матеріалів), за механічною міцністю.

Спочатку ми розрахуємо мінімальну кількість провідного матеріалу та перевіримо отримані значення на струм навантаження та механічну міцність.

Розрахований поперечний переріз кожного проводу визначається заданим робочим падінням напруги і приведеним моментом M_n , який дорівнює сумі моментів M_i на кожній гілці. Площа перерізу дротів визначається за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} M_i / (c\Delta u\%) = \sum_{i=1}^{i=n} p_i L_i (c\Delta u\%)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ - сума електричних моментів навантаження, $kBm \cdot m$;

c – коефіцієнт, що залежить від напруги, матеріалу проводів і одиниць вимірювання величин, які входять у формулу, для однофазних ліній з алюмінієвими проводами $c=7,4$.

$\Delta u\%$ – допустима втрата напруги, %.

Для приміщень громадського призначення, до яких належить даний об'єкт, $\Delta u = 2,5\%$.

За вказаного значення Δu легко отримати необхідне значення поперечного перерізу провідника з умов допустимих втрат напруги:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n P_m I_m}{c\Delta U}$$

Для прикладу розрахуємо аудиторію 10.

Для полегшення розрахунків звернемося до програми «cable». Після внесення необхідних даних отримуємо переріз проводу для лінії ОУ 2,5 мм².

Для лінії живлення для лінії ОУ робочий струм розраховується за формулою для однофазної лінії:

$$I = \frac{1000P}{U \cos \phi} \approx 4,5 \frac{P}{\cos \phi}$$

де P – розрахункова потужність, кВт;

$\cos \phi$ – коефіцієнт попиту, приймаємо рівним 0,9;

Сумарна потужність ОУ аудиторії дорівнює 0,342 кВт. Звідси:

$$I = 4,5 \cdot \frac{0,342}{0,92} = 1,67 A$$

$$1,67 A \ll 21 A$$

В якості кабелю вибираю двожильний провід АППВ 2х2.5.

Так само розраховую всі інші приміщення, результати записую в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5

Розрахунок проводів

Назва приміщення	P , кВт	I , А
1 поверх		
Аудиторія 1	0,228	1,11
Аудиторія 1а	0,0855	0,42
Аудиторія 1б	0,114	0,56
Аудиторія 2	0,228	1,11
Аудиторія 3	0,228	1,11
Аудиторія 4	0,171	0,84
Аудиторія 4а	0,114	0,56
Аудиторія 5	0,114	0,56
Аудиторія 6	0,114	0,56
Аудиторія 6а	0,171	0,84
Аудиторія 7а	0,114	0,56
Аудиторія 7	0,228	1,11

Продовження табл.2.5

Аудиторія 8	0,2565	1,25
Коридор 1	0,085	0,42
Фойє	0,119	0,58
Коридор 2	0,255	1,25
Туалет	0,034	0,17
Аудиторія 107	0,0855	0,42
Аудиторія 108	0,114	0,56
Аудиторія 109	0,114	0,56
Буфет	0,144	0,70
Їдальня	0,216	1,05
Кухня	0,072	0,35
Коридор 3	0,068	0,33
Аудиторія 9	0,228	1,11
Аудиторія 9а	0,228	1,11
Аудиторія 10	0,342	1,67
Спортзал 11	0,792	3,87
Підсобка	0,051	0,25
Всього	5,11	24,97
2 поверх		
Аудиторія 13	0,114	0,56
Аудиторія 14	0,114	0,56
Аудиторія 15	0,114	0,56
Аудиторія 16	0,114	0,56
Аудиторія 17	0,228	1,11
Аудиторія 18	0,114	0,56
Аудиторія 19	0,114	0,56
Аудиторія 20	0,114	0,56
Аудиторія 21	0,114	0,56
Аудиторія 22	0,2565	1,25
Аудиторія 23	0,2565	1,25
Аудиторія 24	0,342	1,67
Аудиторія 25	0,342	1,67
Аудиторія 26	0,342	1,67
Аудиторія 27	0,342	1,67
Аудиторія 28	0,342	1,67
Аудиторія 29	0,342	1,67

Продовження табл.2.5

Аудиторія 29а	0,114	0,56
Аудиторія 30	0,342	1,67
Аудиторія 30а	0,171	0,84
Коридор	0,391	1,91
Туалет 1	0,051	0,25
Туалет 2	0,051	0,25
Всього	4,83	23,56
3 поверх		
Аудиторія 31	0,114	0,56
Аудиторія 32	0,114	0,56
Аудиторія 33	0,114	0,56
Аудиторія 34	0,114	0,56
Аудиторія 35	0,228	1,11
Аудиторія 36	0,114	0,56
Аудиторія 37	0,114	0,56
Аудиторія 37а	0,171	0,84
Аудиторія 38	0,114	0,56
Аудиторія 39	0,114	0,56
Аудиторія 40	0,2565	1,25
Аудиторія 41	0,2565	1,25
Аудиторія 42	0,342	1,67
Аудиторія 43	0,342	1,67
Аудиторія 44	0,342	1,67
Аудиторія 45	0,342	1,67
Аудиторія 46	0,342	1,67
Аудиторія 47	0,342	1,67
Аудиторія 47а	0,114	0,56
Аудиторія 48	0,342	1,67
Аудиторія 48а	0,171	0,84
Туалет 1	0,051	0,25
Туалет 2	0,051	0,25
Коридор	0,391	1,91
Всього	5	24,4

Для освітлювальної установки обираємо щит СУ9441-11.

Використовуємо для кожного поверху як пристрій захисного відключення диференціальний автомат Eaton PFL6-40/1N/C/003 номінальним струмом на 40 А.

Електрична схема освітлювальної установки подана на рис.2.12.

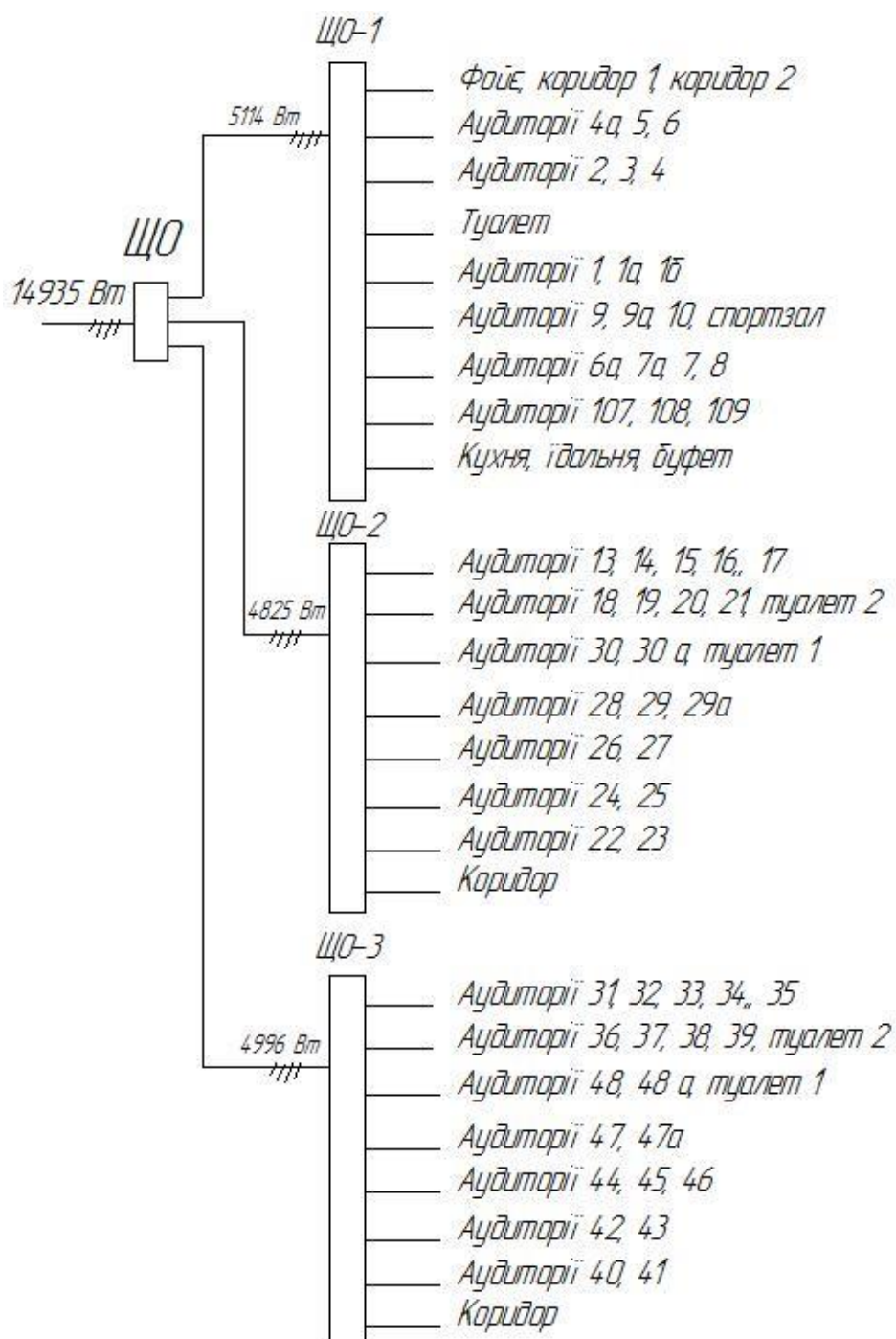


Рисунок 2.12– Електрична схема ОУ

2.6. Висновки до розділу 2

1. На основі вимог нормативних документів здійснено вибір світлових приладів для освітлення приміщень коледжу різних типів.
2. На основі моделювання освітленості спортзалу на основі світильників з різними типами КСС обґрунтовано вибір світильників ДСП45У-3x20-521 з глибокою КСС. Проведений розрахунок освітленості приміщення спортзалу показав адекватність запропонованої моделі розрахунку.
3. Із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку розрахована необхідна кількість світлових приладів для кожного типу приміщення.
4. Проведено розрахунок освітлення всіх приміщень у програмі DIALux та представлено криві рівної освітленості горизонтальної робочої площини кожного поверху коледжу.
5. Проведено розрахунок електричної частини освітлювальної установки, представлена схема живлення електроосвітлення.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Моделювання світлового середовища комп'ютерного класу

В комп'ютерному класі студенти виконують два типи зорових завдань - самосвітні (з використанням моніторів) і несамосвітні (з використанням підручників, зошитів, традиційної дошки). При несамосвітних завданнях при збільшенні рівня освітленості контраст є постійним, а зорова працездатність збільшується. При самосвітних завданнях загальне освітлення дає блиск, який впливає на зорову працездатність наступним чином: мале значення блиску погіршує здатність розрізнити зображення, велике значення блиску заважає виконувати завдання і приводить до зорової втоми. Значення блиску на поверхні моніторів залежить від освітленості, характеристик монітору, положення користувача відносно монітору і світильника. Зменшити чи усунути блиск від світильника на поверхні монітору можна двома шляхами – зменшити яскравість світильника або зменшити рівень освітленості. Другий шлях не є оптимальним, оскільки в навчальному класі студенти одночасно користуються і підручниками, і комп'ютером. В табл.3.1 Подано характеристики різних типів моніторів, які використовуються у коледжі.

Таблиця 3.1

Характеристики різних типів моніторів

Обладнання з дисплейними екранами	Максимальна яскравість екрану, кд/м ²	Контраст	Основна складова екранного блиску	Діапазон горизонтальних кутів спостереження, град	
				Імовірно використований	Зявлений виробником
Монітор на основі ЕПТ	150	700	дзеркальна	±40	±90
Рідкокристалічний монітор (з матовим екраном)	300	200	змішана	±40	±70
Рідкокристалічний монітор (з дзеркальним екраном)	400	500	дзеркальна	±40	±85

Математична модель освітлення приміщення – це комплекс методик розрахунку показників, що характеризують світлове середовище у даному приміщенні чийого окремій зоні. Весь простір приміщення представляється у декартовій системі координат, де фіксуються розташування дисплеїв, розміщення робочих місць та положення світильників. Для приміщення розраховуються такі параметри освітлення: горизонтальна освітленість від світильників; вертикальна освітленість в площині екрану від системи освітлення; наявність або відсутність прямого і відбитого блиску від світильників; показник дискомфорту UGR.

Для аналізу параметрів світлового середовища необхідно записати математичні вирази, які зв'язують світлотехнічні характеристики із параметрами світильника, приміщення, умовами спостереження.

Основні показники світлового середовища для комп'ютерного класу, значення яких нормуються згідно ДСанПіН, ДБН, наступні:

- освітленість на поверхні стола: 400 лк,
- освітленість в межах відеотерміналу: 200 лк;
- яскравість прямого блиску: ≤ 200 кд/м²;
- яскравість відбитого блиску: ≤ 40 кд/м²;
- об'єднаний показник дискомфорту UGR: ≤ 19 ;
- коефіцієнт пульсації: $\leq 10\%$;

При розрахунку приймають такі допущення:

- джерело світла є точковим;
- відбивання світла від навколишніх поверхонь - дифузне (ламбертове)
- розподіл світла від відбиваючої (випромінюючої) поверхні є рівномірним;
- відсутні затіняючі та екрануючі елементи.

Для визначення рівня освітленості в точці приміщення використовують точковий метод, який широко використовується в сучасних світлотехнічних програмах як для функціональних видів освітлення, так і як один з компонентів загальних.

Для отримання повного розподілу освітленості в кожній точці застосуємо програму DIALux, за допомогою якої можна врахувати наявність перешкод у поширенні світла, оптичні характеристики та текстуру поверхонь у приміщенні.

Важливим параметром, від якого залежить комфорт зорової роботи і здоров'я студента, є наявність прямого блиску у полі зору. Зоровий дискомфорт характеризується неприємними зоровими відчуттями незручності і напруженості при нерівномірному розподіленні яскравості в полі зору. Кількісно виразити результат впливу джерел світла підвищеної яскравості на зір можна за допомогою показника дискомфорту:

$$M = \frac{L_c \cdot \omega^{0,5}}{p \cdot L_{ad}^{0,5}} \quad (3.1)$$

де L_c – яскравість джерела блиску, кд/м²;

ω – тілесний кут, в межах якого знаходиться джерело блиску, ср;

L_{ad} – яскравість адаптації, кд/м²;

p – індекс Гатта, який враховує положення світильника в полі зору.

Від сукупності джерел:

$$M_{\Sigma} = \left[\sum_{i=1}^n M_i^2 \right]^{0,5} \quad (3.2)$$

В стандарті МКО оцінка засліплюючої дії освітлювальних установок промислових і громадських споруд проводиться по величині узагальненого показника дискомфорту UGR (UnifiedGlareRating), що визначається за формулою:

$$UGR = 8 \cdot \lg \left(\frac{0,25}{L_{ad}} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right), \quad (3.3)$$

де L_{ad} – яскравість адаптації (фону), кд/м²;

L – середня яскравість світної поверхні світильника у напрямку до точки спостереження, кд/м²;

ω – тілесний кут, в межах якого видима світна поверхня, ср;

p – індекс позиції Гатта.

Метод узагальненого показника дискомфорту базується на британській системі індексу блиску і методі Зольнера-Фішера.

Залежність між показником дискомфорту M та узагальненим показником дискомфорту UGR можна виразити так:

$$\lg(M) = \frac{UGR + 4,8}{16},$$

$$\lg(M) = \frac{19 + 4,8}{16} = 1,4875$$

$$M = 30,7256$$

Таке значення показника дискомфорту є меншим, ніж використовували до прийняття сучасних ДБН (раніше він приймався $M \leq 40$), тому завдання модернізації освітлення згідно нових нормативів є необхідним.

Для початку задамо вхідними даними – геометрія приміщення, світильники, їх розташування:

- розміри приміщення, довжина×ширина×висота, м: 14,78×5×3;
- тип моніторів: рідкокристалічний;
- кількість робочих місць, шт.: 20;
- тип світильників: світлодіодні;
- кількість світильників: 12;
- коефіцієнти відбивання:

стелі	0,8;
стін	0,5;
підлоги	0,2.

План приміщення і розташування робочих місць приведений на рис.3.1. Світильники Philips RC132V G5 36S/840 PSU W60L60 OC вибрані відповідно до гігієнічних вимог, регламентованих в державному стандарті.

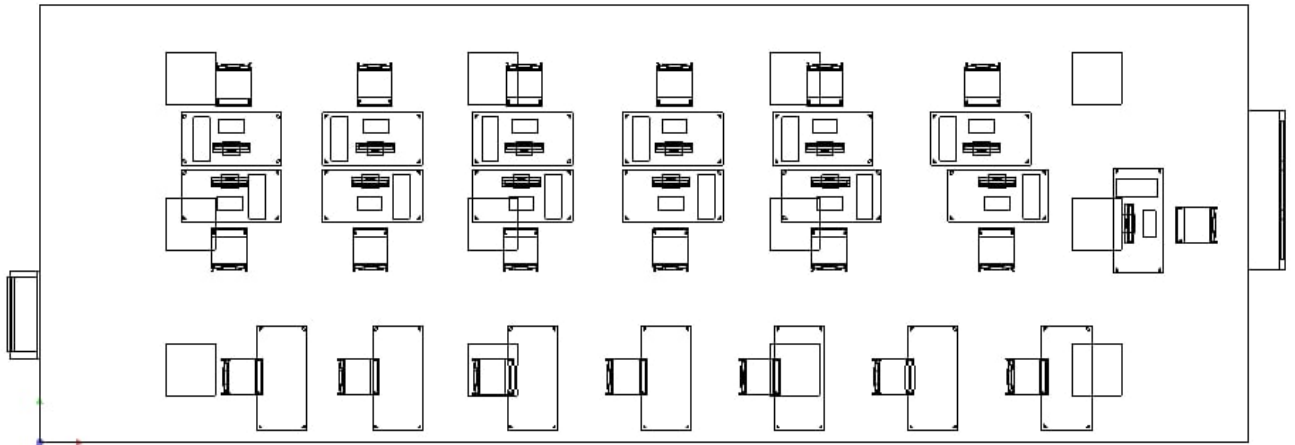


Рисунок 3.1 – План приміщення комп'ютерного класу
і розташування робочих місць

3.2 Розрахунок параметрів світлового середовища

Розрахуємо параметри світлового середовища комп'ютерного класу, який розміщений в аудиторії 10. Робимо це, використовуючи три схеми розміщення світильників: прямокутну, лінійну та кругову, які показано на рис.3.2-3.4.

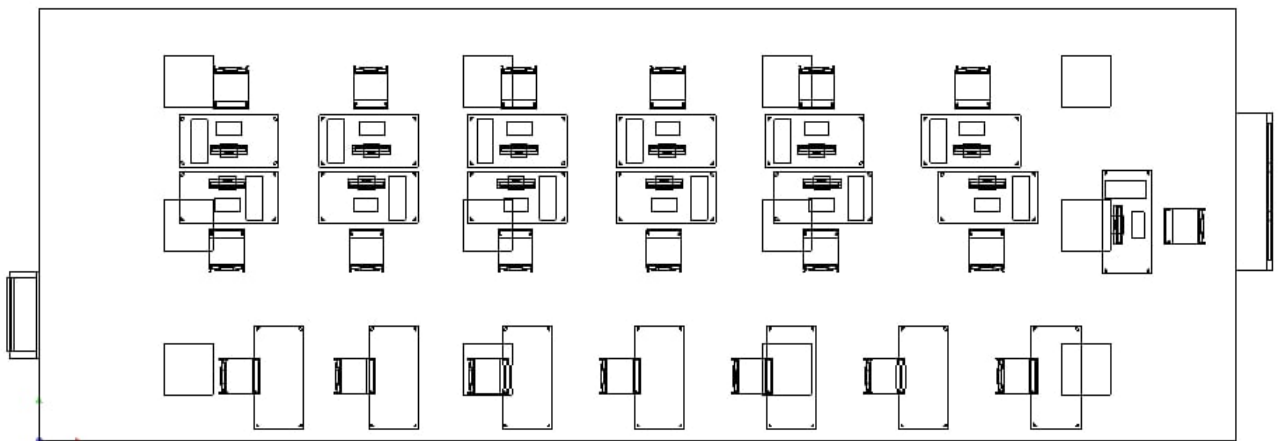


Рисунок 3.2 – Прямокутна схема розміщення світильників

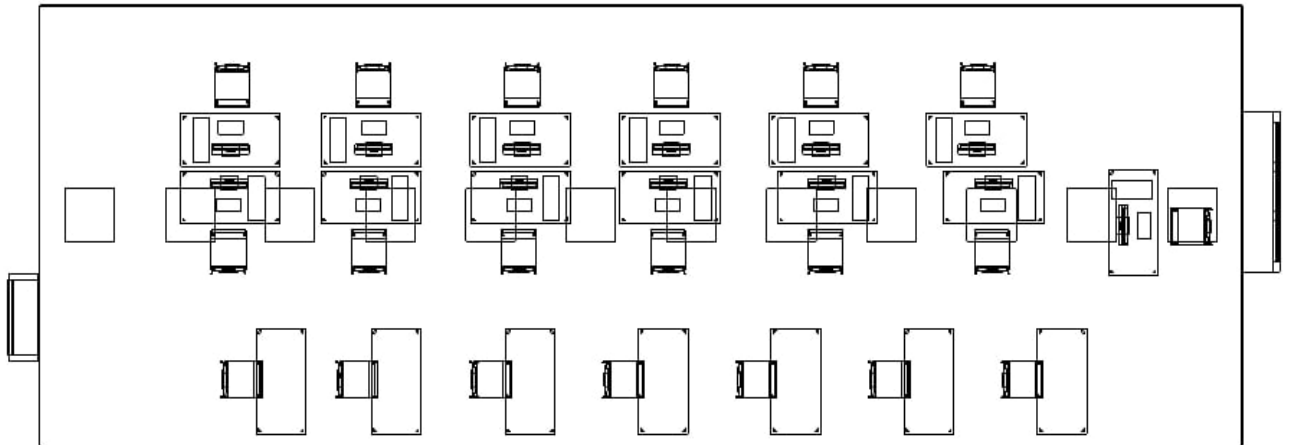


Рисунок 3.3 – Лінійна схема розміщення світильників

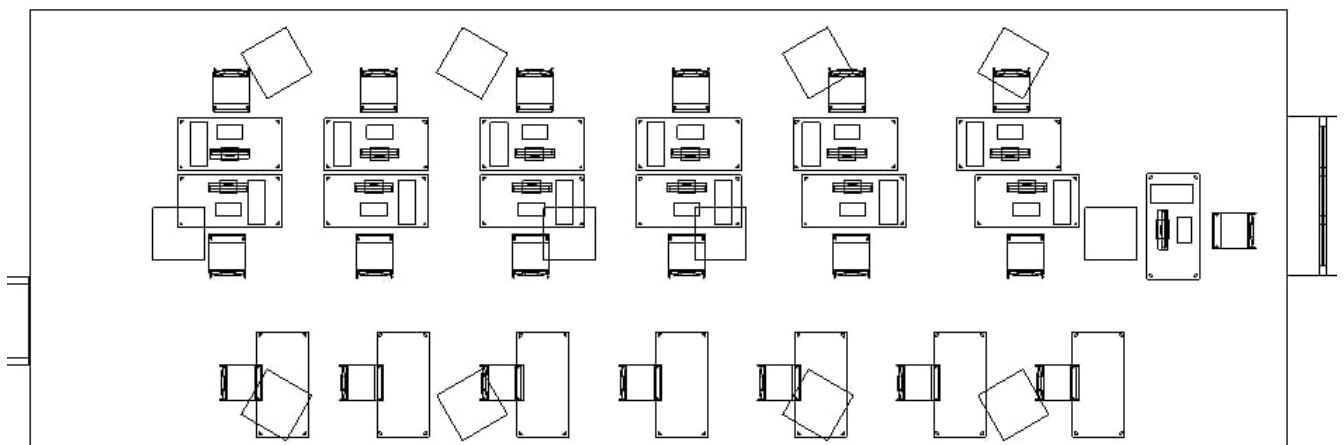


Рисунок 3.4 – Кругова схема розміщення світильників

Після цього за допомогою програми Dialux здійснюємо розрахунки параметрів світлового середовища.

Робочою горизонтальною поверхнею комп'ютерного класу є площина столів та клавіатури, розташована на висоті 1 м від підлоги. Ізолюкси горизонтальної робочої площини представлено на рис. 3.5-3.7.

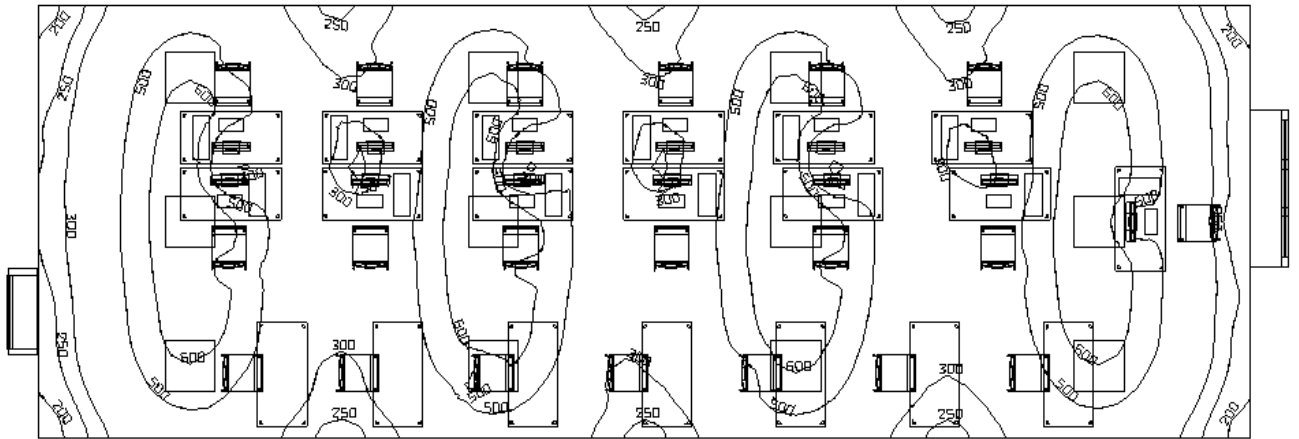


Рисунок 3.5 – Ізолінії горизонтальної освітленості від прямокутної схеми

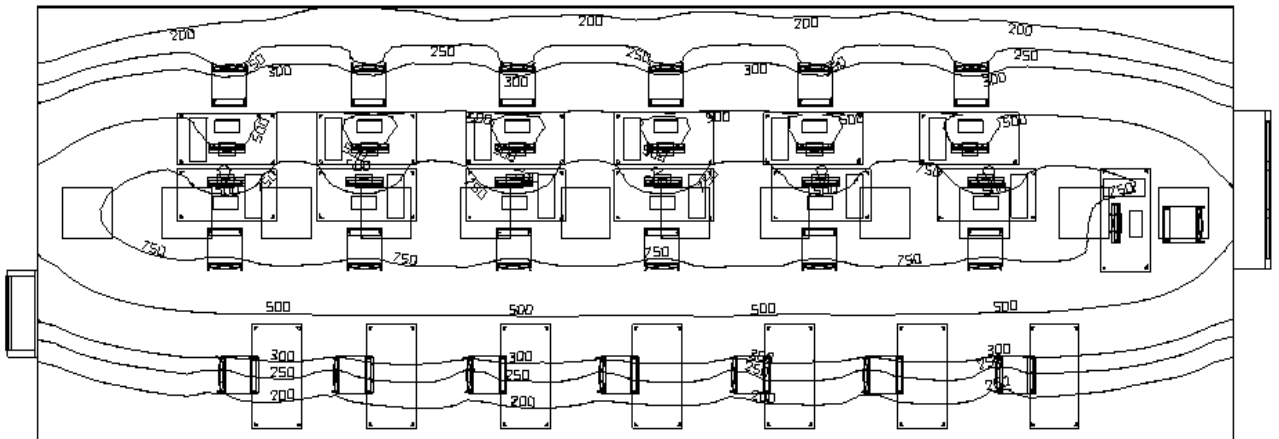


Рисунок 3.6 – Ізолінії горизонтальної освітленості від лінійної схеми

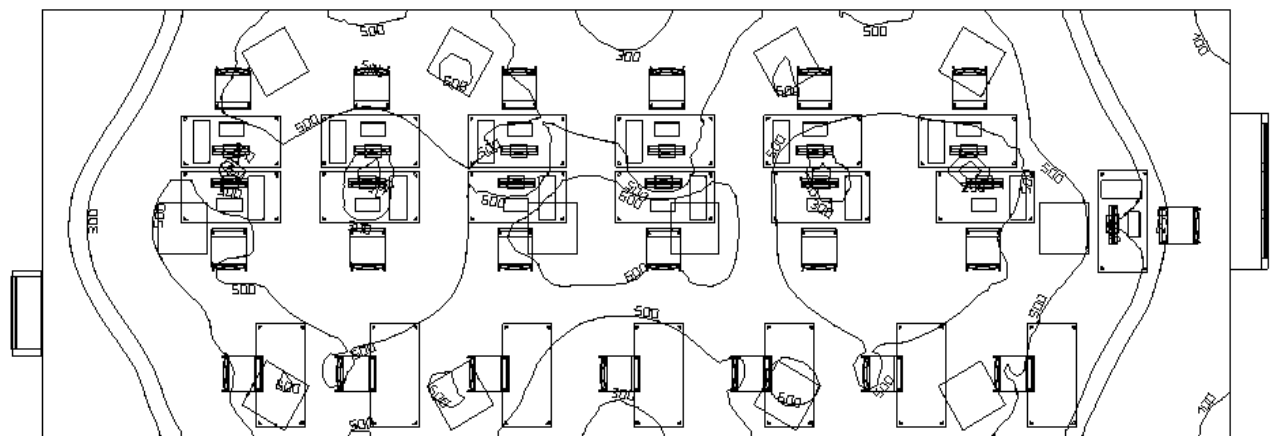


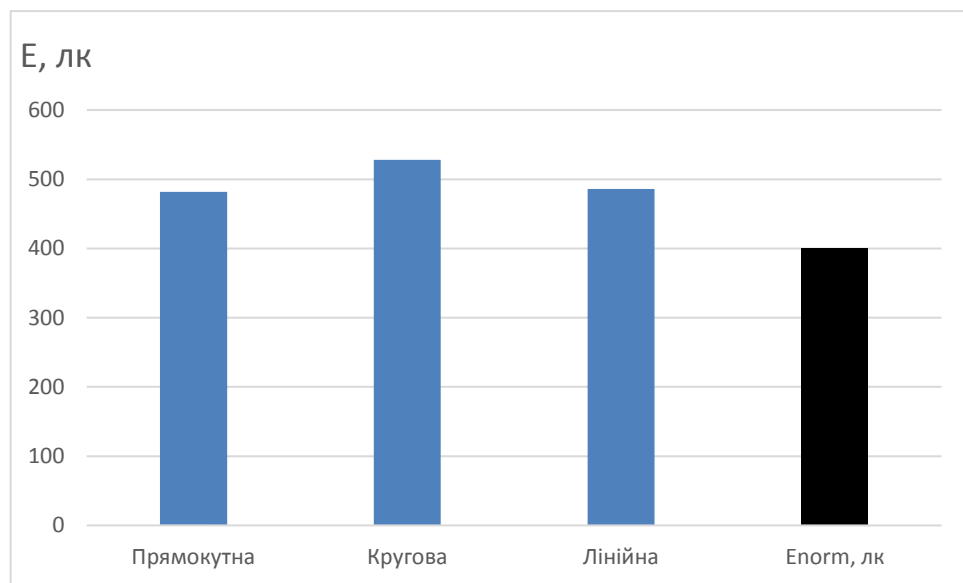
Рисунок 3.7 – Ізолінії горизонтальної освітленості від кругової схеми

Результати розрахунків горизонтальної освітленості зводимо в табл.3.2 та представимо у вигляді діаграми.

Таблиця 3.2

Результати розрахунків середнього освітлення горизонтальної площини

Вид схеми	E , лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк	E_{norm} , лк	$K_n = \frac{E_{max}}{E}$
Прямокутна	482	276	714	≥ 400	1,48
Кругова	528	204	736		1,39
Лінійна	486	221	897		1,85



Наступним розрахованим параметром в програмі Dialux буде вертикальна освітленість в площині екрану від системи освітлення. Вертикальна освітленість буде різною для площин двох рядів екранів, оскільки вони розміщені не симетрично відносно світильників.

Результати розрахунків показуємо на рис.3.8-3.13.

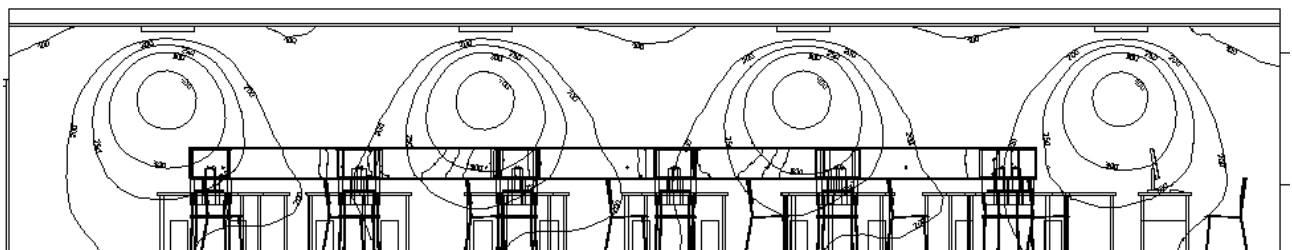


Рисунок 3.8 – Ізолінії вертикальної освітленості прямокутної схеми першого ряду

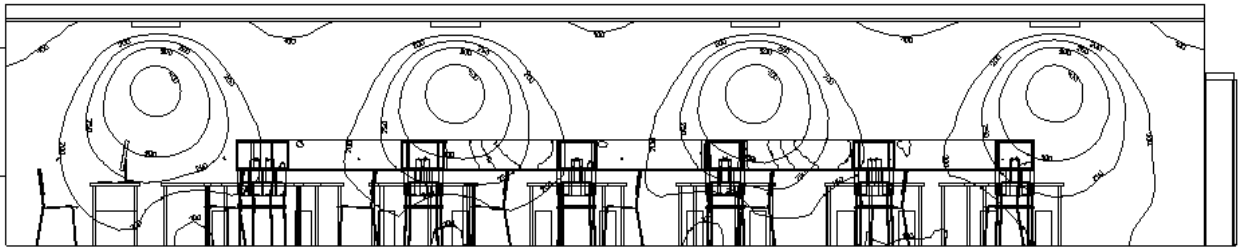


Рисунок 3.9 – Ізолінії вертикальної освітленості прямокутної схеми другого ряду

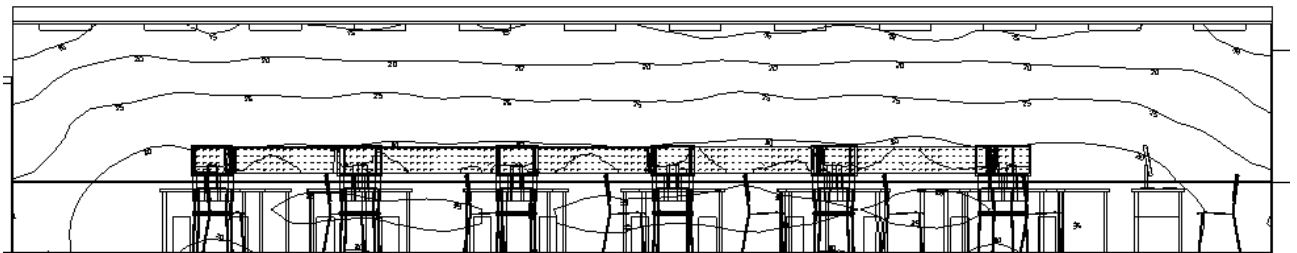


Рисунок 3.10 – Ізолінії вертикальної освітленості лінійної схеми першого ряду

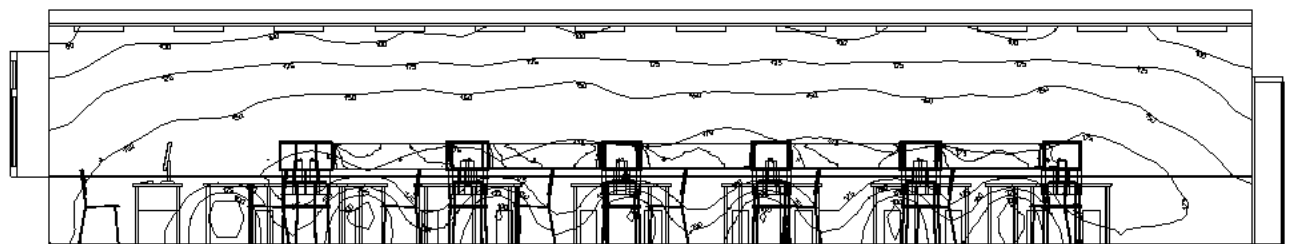


Рисунок 3.11 – Ізолінії вертикальної освітленості лінійної схеми другого ряду

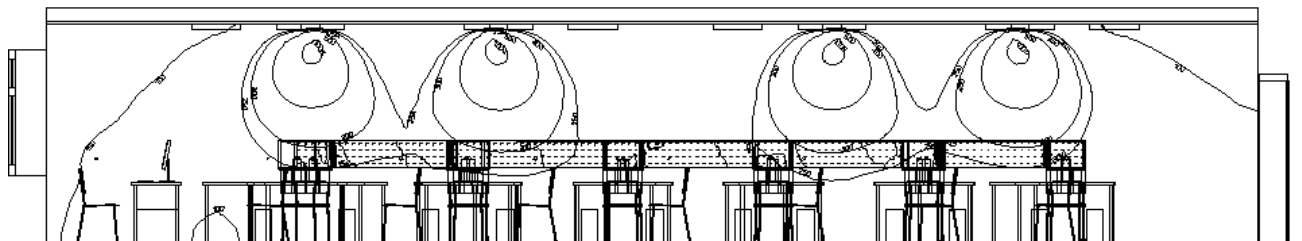


Рисунок 3.12 – Ізолінії вертикальної освітленості кругової схеми першого ряду

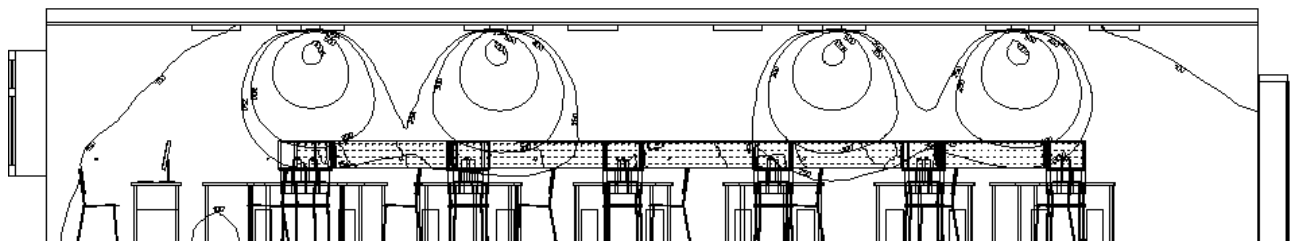


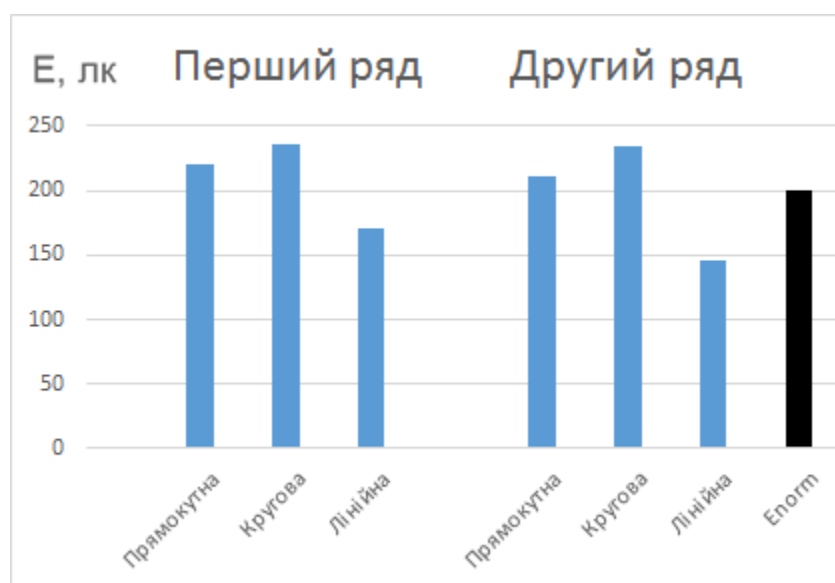
Рисунок 3.13 – Ізолінії вертикальної освітленості кругової схеми першого ряду

Результати розрахунків вертикальної освітленості зводимо в табл.3.3 та представимо у вигляді діаграми.

Таблиця 3.3

Результати розрахунків середнього освітлення вертикальної площини

Вид схеми розміщення світильників	E , лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк	E_{norm} , лк	$K_n = \frac{E_{max}}{E}$
Перший ряд					
Прямокутна	221	81	456	≥ 200	2,06
Кругова	236	61	804		3,41
Лінійна	170	79	227		1,34
Другий ряд					
Прямокутна	211	81	461	≥ 200	2,18
Кругова	235	62	1129		4,80
Лінійна	146	76	196		1,34



Також за допомогою Dialux було розраховано яскравість фону - вертикальної площини – стіни, розміщеною в напрямку зору користувача комп'ютера. Всі схеми розташування світильників є симетричними відносно протилежних стін класу, тому достатньо зробити обчислення для однієї «довгої» стіни. Результати відображені на рис.3.14-3.16.

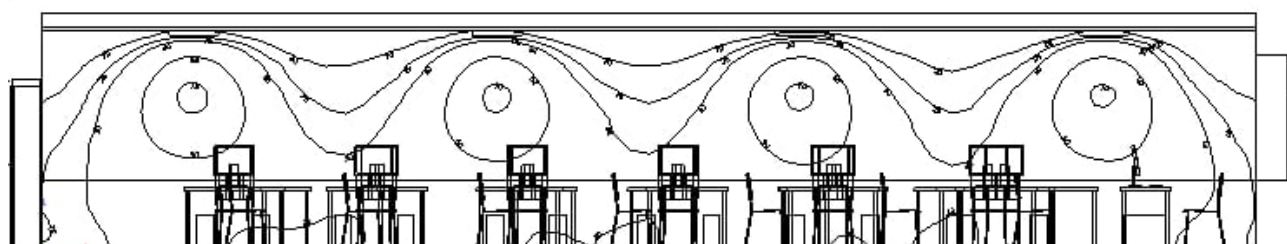


Рисунок 3.14 – Ізолінії вертикальної яскравості прямокутної схеми



Рисунок 3.15 – Ізолінії вертикальної яскравості лінійної схеми

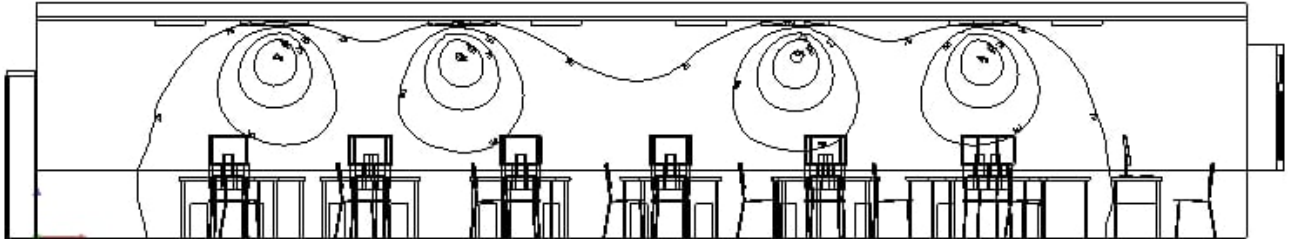


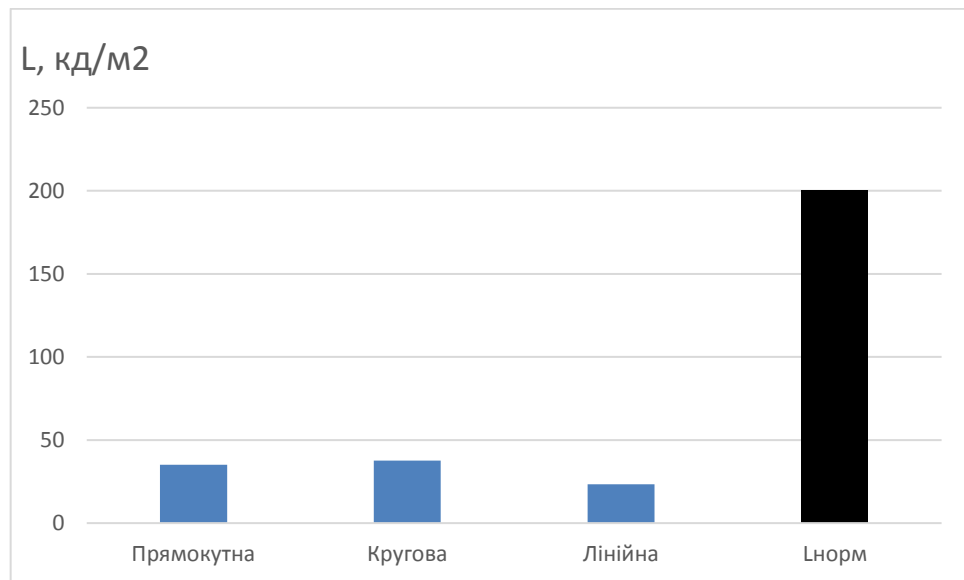
Рисунок 3.16 – Ізолінії вертикальної яскравості кругової схеми

Результати розрахунків вертикальної яскравості зводимо в табл.3.4 та представимо у вигляді діаграми.

Таблиця 3.4

Результати розрахунків середнього освітлення вертикальної площини

Вид схеми	L , кд/м ²	L_{\min} , кд/м ²	L_{\max} , кд/м ²	$L_{\text{норм.}}$, кд/м ²
Прямокутна	35,2	13	72,6	≤200
Кругова	37,6	9,74	128	
Лінійна	23,3	12,2	31,2	

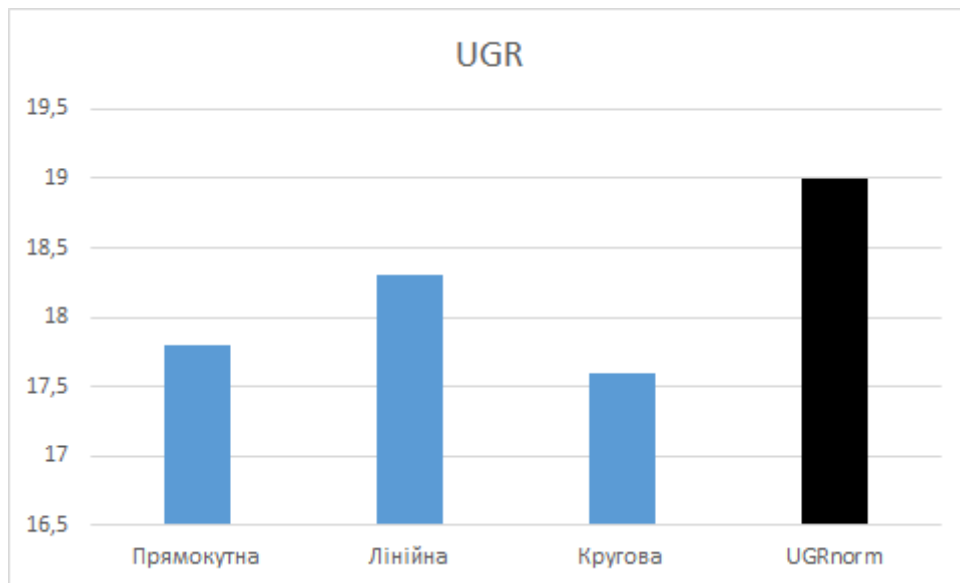


І останнім розрахованим параметром в програмі Dialux буде об'єднаний показник дискомфорту UGR, який подаємо в вигляді табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Значення UGR для спостерігачів

Розрахункова точка спостерігача	Максимальне значення UGR для різних схем розміщення світильників		
	Прямокутна схема	Лінійна схема	Кругова схема
1	16	16,8	15,8
2	17,5	17,3	16,1
3	15,4	17,2	15,6
4	17,3	17,1	16,4
5	15	16,8	16,9
6	16,7	17,5	15,7
7	16,1	18,3	15,6
8	17,5	18,2	16,5
9	15,9	16,8	16,6
10	17,2	18	15,8
11	16,1	18	16,5
12	16,8	18,2	16,2
13	13,3	18,3	17,6
14	16,2	<10	16,3
15	17,8	18,1	15,7
16	16,2	18	16
17	17,5	18	17,1
18	16,2	18	17,2
19	16,2	17,8	17,2
20	16	17,7	16,1



З цієї таблиці та діаграми бачимо, що всі схеми розміщення світильників не перевищують максимальне значення узагальненого показника дискомфорту.

Для вибору оптимальної схеми розміщення світильників розглянемо узагальнені результати розрахунків, представлені на графіку рис.3.14. Усі параметри приведемо до відносних значень, приймаючи нормоване значення за 1. Тоді розрахункове відносне значення визначимо як відношення розрахункового значення до нормованого. Як розрахункове беремо середнє значення параметру. Дані заносимо у табл.3.6.

Таблиця 3.6

Відносні значення середніх параметрів світлового середовища

Схеми розміщення світильників	Параметр світлового середовища, в.о.				
	Горизонтальна освітленість	Вертикальна освітленість, площа 1	Вертикальна освітленість, площа 2	Яскравість фону	UGR
Нормоване значення	1	1	1	1	1
Прямокутна	1,205	1,105	1,055	0,46	0,937
Лінійна	1,32	0,85	0,73	0,1165	0,963
Кругова	1,215	1,18	1,175	0,655	0,926

За даними таблиці будуємо графік рис.3.17.

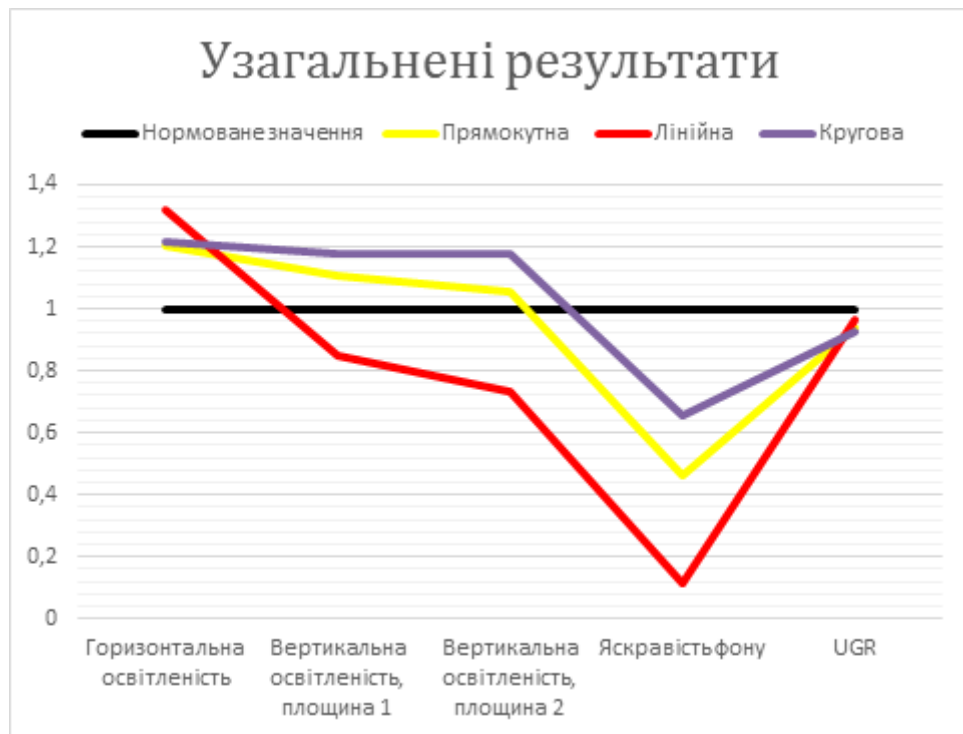


Рисунок 3.17 – Узагальнені результати відповідності параметрів світлового середовища нормативним даним

Як бачимо з графіку лінійна схема розміщення світильників не забезпечує нормованого значення вертикальної освітленості у площині моніторів, тому її застосовувати не можна.

Кругова схема розміщення світильників дає дуже великий коефіцієнт неоднорідності освітленості, особливо у вертикальних площинах. Тому її також не рекомендуємо до застосування.

Найменші відхилення від нормативних параметрів забезпечує прямокутна схема розміщення світильників. Усі параметри світлового середовища відповідають нормативним вимогам, тому таку схему я пропоную для практичної реалізації у проекті.

3.3 Визначення коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки

В освітлювальних установках штучного освітлення через певний час експлуатації знижується освітленість з таких причин:

- 1) світловий потік лампи зменшується внаслідок старіння (ресурс);
- 2) лампа виходить з ладу протягом терміну служби;
- 3) забруднюється оптична системи ламп;
- 4) забруднюється світлопрозора поверхня джерела світла;

5) через старіння відбиваючого матеріалу лампи (наприклад, вплив УФ на полімери) зменшується ефективність світильників, що враховують у світлотехнічних розрахунках введенням коефіцієнта запасу K_z , який обернено пропорційний робочому коефіцієнту експлуатації MF (Maintenance Factor), який використовується Міжнародною комісією з освітлення:

$$K_z = 1 / MF.$$

Даний коефіцієнт експлуатації визначається як відношення значення середньої освітленості робочої поверхні освітлювального приладу за певний проміжок часу до початкової середньої освітленості, отриманої цим же приладом за тих самих умов:

$$MF = E_m / E_{in},$$

де E_m – освітленість в окремий період експлуатації;

E_{in} – початкова освітленість.

Для світлотехнічних розрахунків коефіцієнт експлуатації розраховується так:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF,$$

де $LLMF$ – коефіцієнт зменшення світлового потоку ламп;

LSF – коефіцієнт живучості лампи (становить частину від загальної кількості встановлених світильників, які продовжують працювати в цей же момент за певних умов);

LMF – коефіцієнт експлуатації лампи;

$RSMF$ – коефіцієнт експлуатації поверхні приміщення.

Розрахунок проведемо за методикою, описаною в ДБН.

Комп'ютерне приміщення з вбудованими світлодіодними світильниками прямого світла L70 B50 – 50 000 годин, виконання IP2X. За даними виробника, середній термін служби лампи – 50 000 годин, планований інтервал очищення ламп – 3 роки, планований інтервал очищення поверхонь приміщення – 3 роки, заміна світильників – 50 000 годин.

Оскільки ми беремо комп'ютерний зал як приклад для розрахунку, то клас чистоти оцінюємо як Very Clean (VC) з періодом чистки раз в 3 роки.

Тип світильника вибираємо D, адже він має ступінь захисту IP20.

Коефіцієнти відбивання поверхні 80/50/20.

За табл.В.4 для СД при 50 000 годин експлуатації $LLMF=0,7$; $LSF = 0,99$.

За табл. В.5 для світильника типу D і класу чистоти приміщення VC $LMF = 0,89$.

За табл. В.6 для приміщення з коефіцієнтами відбиття 80/50/20 $RSMF=0,97$.

Коефіцієнт експлуатації приміщення:

$$MF = 0,7 \cdot 0,99 \cdot 0,89 \cdot 0,97 = 0,6 \quad (Kз = 1,67).$$

Проведемо аналогічний розрахунок коефіцієнту експлуатації для меншого часу роботи й зобразимо результати на графіку.



Рисунок 3.18 – Графік зміни коефіцієнту експлуатації з часом

3.4 Оцінка достовірності розрахунків

Оцінку адекватності запропонованої моделі розрахунку та достовірності приведених результатів можна здійснити за допомогою класичних розрахунків та проведення вимірювань параметрів реалізованої моделі.

Розрахунок освітленості в точці на ділянці площини полягає у визначенні світлового потоку, що падає від випромінювачів будь-якої форми на елементарну площадку dA , яка містить розрахункову точку. Якщо випромінювачі точкові і їх КСС відомі, то обчислення освітленості в розрахунковій точці зводиться до врахування вкладу в освітленість кожного випромінювача (рис.3.19)

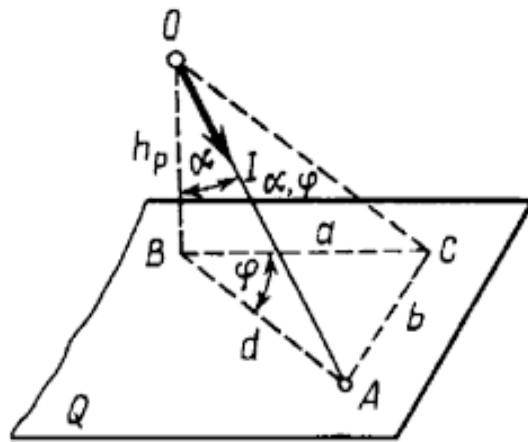


Рисунок 3.19 - Схема для обчислення освітленості у ділянці площини

Горизонтальна освітленість E_z визначається як:

$$E_z = \frac{I_\alpha \cdot \cos \alpha}{l^2}.$$

Вертикальна освітленість обчислюється з цієї ж формули з урахуванням повороту елементарної розрахункової поверхні:

$$E_v = \frac{I_\alpha \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)}{l^2}.$$

При розрахунку необхідно враховувати силу світла від усіх світлових приладів, випромінювання яких досягає заданої ділянки. Крім того для точних розрахунків необхідно враховувати перешкоди на шляху випромінювання,

оптичні характеристики та текстуру поверхонь у приміщенні. Тому такі розрахунки також не можуть бути достатньо точними.

Узагальнений показник дискомфорту UGR не можна виміряти технічними засобами, він визначається тільки розрахунковим шляхом за формулою:

$$UGR = 8 \cdot \lg \left(\frac{0,25}{L_{ad}} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right),$$

де L_{ad} – яскравість адаптації (фону), кд/м²; L – середня яскравість світної поверхні світильника у напрямку до точки спостереження, кд/м²; ω – тілесний кут, в межах якого видима світна поверхня, ср; p – індекс позиції Гатта.

Для визначення усіх параметрів, які входять у цю формулу, необхідно знати розташування всіх світильників у приміщенні, їх світловий розподіл і яскравість, положення спостерігача і кут його огляду, яскравість фону, а також враховувати коефіцієнти використання освітлювальної установки та приміщення.

Відхилення між теоретичним розрахунками та практичними вимірюваннями можуть бути зумовлені такими причинами:

- відмінність реальних і розрахункових (Лабертівських) поверхонь;
- неточність в оптичних коефіцієнтах поверхонь приміщення;
- неточність моделювання реальних предметів у приміщенні;
- спрощені методи фотометрії для ближнього поля
- різниця у світлотехнічних і геометричних параметрах світлових приладів з програмного каталогу та реальних;
- нестабільність напруги в реальній електричній мережі та тепловий режим світильників, що впливає на величину світлового потоку, і, відповідно на всі параметри світлового середовища.

Як бачимо, теоретично обчислити параметри світлового середовища класичними методами з високою точністю складно, тому адекватність комп'ютерної моделі розрахунку можна оцінити вимірюваннями реалізованої спроектованої освітлювальної установки.

Порядок проведення натурних вимірювань також вимагає дотримання правил, описаних в ДБН.

При проведенні вимірювань також можливі похибки, які можуть бути викликані такими причинами:

- неправильне положення та орієнтація вимірювального приладу;
- вимірювання проводяться при нестабільних температурних умовах навколишнього середовища;
- неврахування терміну попередньої експлуатації джерел світла;
- неврахування природного та стороннього освітлення (якщо вимірювання проводяться не в повній темряві).

Незважаючи на усі можливі похибки при комп'ютерному моделюванні та проведенні натурних вимірювань дослідники вказують на достатню точність такого моделювання. Заявлена похибка не перевищує 15%.

3.5 Висновки до розділу 3

1. Проведено моделювання комп'ютерного класу з врахуванням вимог нормативних документів щодо облаштування та оптичних характеристик поверхонь.

2. Запропоновано три схеми розміщення світлових приладів – прямокутну, лінійну та кругову та проведено розрахунок нормованих параметрів світлового середовища – горизонтальної освітленості площини столів та клавіатур, вертикальної освітленості площини моніторів, яскравості фону та узагальненого показника засліпленості.

3. На основі моделювання та розрахунків встановлено, що лінійна схема розміщення світильників не забезпечує нормованого рівня освітленості вертикальних площин, кругова схема розміщення дає великий коефіцієнт неоднорідності освітленості. Найкращим розміщенням світлових приладів, при якому забезпечують нормовані вимоги до освітлення комп'ютерних класів, є прямокутне розташування.

4. Проведено розрахунок коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки комп'ютерного класу на термін до 50000 год, на основі якого можна

прогнозувати параметри установки протягом експлуатації, а також проводити необхідні заходи щодо її оптимізації.

5. Проведено оцінку достовірності розрахунків на основі аналізу причин похибок при моделюванні та неточностей при вимірюваннях параметрів світлового середовища.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги електробезпеки

Електробезпека - система організаційних і технічних засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електроструму, електродуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Вимоги електробезпеки викладені в міжгалузевих правилах з охорони праці при експлуатації електроустановок, правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів, ДСТУ та інших нормативних правових актах.

Вимоги, що містяться в цих актах, поширюються на всіх споживачів, працівників усіх організацій, незалежно від форм власності та організаційно-правових форм, а також на фізичних осіб, зайнятих технічним обслуговуванням електроустановок, що проводять в них оперативні перемикання, які організовують і виконують в електроустановках монтажні, налагоджувальні, ремонтні та будівельні роботи, випробування та вимірювання (електротехнічний персонал).

Працівники, що приймаються для виконання робіт в електроустановках, повинні мати професійну підготовку, що відповідає характеру роботи. Електротехнічний (електротехнологічний) персонал зобов'язаний пройти перевірку знань норм і правил роботи в електроустановках в межах вимог, що пред'являються до відповідної посади або професії, і мати відповідну групу з електробезпеки. Робітнику, який пройшов перевірку знань з охорони праці при експлуатації електроустановок, видається посвідчення, в якому внесені результати перевірки знань.

4.2 Групи з електробезпеки електротехнічного персоналу та умови їх присвоєння.

Присвоєння групи з електробезпеки є необхідною умовою для отримання допуску до обслуговування і експлуатації діючих електроустановок. Ця вимога стосується й осіб неелектротехнічного персоналу, що працює в електроустановках.

Електротехнічний персонал в організації поділяється на наступні категорії: адміністративно-технічний, оперативний, ремонтний, оперативно-ремонтний і електротехнологічний персонал виробничих цехів і діляниць.

Електротехнічного персоналу, який пройшов медичний огляд, спеціальне навчання та перевірку знань, присвоюється група з електробезпеки (від II до V) в залежності від стажу роботи в електроустановках, освіти, теоретичних знань і практичних навичок роботи.

Вимоги до персоналу щодо електробезпеки наведені в МПОТ (ПБ) ЕЕУ, Додаток 1. Наведені в Правилах вимоги є мінімальними можуть бути доповнені і за рішенням керівника організації.

Спочатку особі електротехнічного персоналу може бути присвоєна група II. Привласнювати групи з електробезпеки можна тільки послідовно, «перескакувати» через групу можна.

Особам віком до 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II.

При надходженні на роботу (переведення на іншу ділянку, заміщення відсутнього працівника) персонал повинен пройти перевірку знань і підтвердити наявну групу стосовно до обладнання електроустановок на новій ділянці.

При переведенні працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок напругою нижче 1000 В, на роботу з обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В, йому, як правило, не може бути присвоєно початковий група вище III.

Неелектротехнічний персонал, який виконує роботи, при яких може виникнути небезпека ураження електричним струмом, присвоюється група I з електробезпеки. Перелік посад і професій, що вимагають присвоєння персоналу I групи з електробезпеки, визначає керівник Споживача.

Група I присвоюється персоналу, засвоївши вимоги з електробезпеки, що

відносяться до його виробничої діяльності, з оформленням в журналі встановленої форми, посвідчення при цьому не видається.

Присвоєння групи I проводиться шляхом проведення інструктажу, який, як правило, повинен завершуватися перевіркою знань у формі усного опитування і перевіркою придбаних навичок безпечних способів роботи або надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Присвоєння групи I з електробезпеки проводить працівник з числа електротехнічного персоналу даного Споживача з групою з електробезпеки не нижче III, призначений розпорядженням керівника організації.

Присвоєння I групи з електробезпеки проводиться з періодичністю не рідше 1 разу на рік.

4.3 Періодичність і порядок перевірки знань у електротехнічного персоналу.

Періодичність і порядок перевірки знань у електротехнічного персоналу.

Для проведення перевірки знань електротехнічного та електротехнологічного персоналу організації керівник споживача повинен призначити наказом по організації комісію в складі не менше п'яти осіб.

Голова комісії повинен мати групу з електробезпеки V у споживачів з електроустановками напругою до і вище 1000 В і групу IV у Споживачів з електроустановками напругою тільки до 1000 В.

Всі члени комісії повинні мати групу з електробезпеки і пройти перевірку знань в комісії органу Держенергонагляду.

Допускається перевірка знань окремих членів комісії на місці за умови, що голова і не менше двох членів комісії пройшли перевірку знань в комісії органів Держенергонагляду.

При перевірці знань повинні бути присутні не менше трьох членів комісії, в тому числі обов'язково голова (заступник голови) комісії.

Перевірка знань працівників споживача, чисельність яких не дозволяє

утворити комісії з перевірки знань, повинна проводитися в комісіях органів Держенергонагляду.

Перевірка знань персоналу підрозділяється на первинну і періодичну (чергову та позачергову).

Первинна перевірка знань проводиться у працівників, які вперше потрапили на роботу, пов'язану з обслуговуванням електроустановок, або при перерві в перевірці знань більше трьох років.

Чергова перевірка проводиться в такі строки:

- для електротехнічного персоналу, безпосередньо організуючого і проводить роботи по обслуговуванню діючих ЕУ або виконує в них налагоджувальні, електромонтажні, ремонтні роботи або профілактичні випробування, а також для персоналу, що має право видавати наряди, розпоряджень, ведення оперативних переговорів, - 1 раз на рік;

- для адміністративно-технічного персоналу, який не належить до попередньої категорії, а також для фахівців з охорони праці, допущених до інспектування ЕУ, - 1 раз на 3 роки.

Позачергова перевірка знань проводиться незалежно від терміну проведення попередньої перевірки:

- при установці нового обладнання, реконструкції або зміні головних електричних і технологічних схем (необхідність позачергової перевірки в цьому випадку визначає технічний керівник);

- при призначенні або переведення на іншу роботу, якщо нові обов'язки вимагають додаткових знань норм і правил;

- при порушенні працівниками вимог нормативних актів з охорони праці;

- при підвищенні знань на більш високу групу;

- після отримання незадовільної оцінки при перевірці знань;

- при перерві в роботі на даній посаді понад 6 місяців.

Позачергова перевірка, яка проводиться на вимогу органів державного нагляду і контролю, а також після відбулися аварій, інцидентів і нещасних випадків, не скасовує термінів чергової перевірки за графіком і може

проводитися в комісії органів енергонагляду.

Працівники, які мають право проведення спеціальних робіт, повинні мати про це запис у посвідченні. До спеціальних робіт відносяться: верхолазні роботи, роботи під напругою на струмопровідних частинах, випробування обладнання підвищеною напругою (перелік спеціальних робіт може бути доповнений зазначенням роботодавця).

4.4 Засоби захисту, призначені для забезпечення електробезпеки.

Електроустановки повинні бути укомплектовані випробуваними, готовими до використання захисними засобами (ЗС), а також засобами надання першої медичної допомоги відповідно до чинних норм і правил.

Засоби захисту поділяються на такі класи: засоби захисту від ураження електричним струмом; засоби захисту від електричних полів підвищеної напруженості; засоби індивідуального захисту.

До електрозахисних засобів відносяться:

- ізолюючі штанги;
- ізолюючі і електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги всіх видів і класів;
- безконтактні сигналізатори наявності напруги;
- діелектричні рукавички, боти і галоші, килими, ізолюючі підставки;
- захисні огороження;
- переносні заземлення;
- пристрої та пристосування для забезпечення безпеки праці при проведенні випробувань і вимірювань в електроустановках (покажчики напруги для перевірки збігу фаз, пристрої для проколу кабелю, покажчики пошкодження кабелю і т.п.);
- плакати і знаки безпеки;
- інші засоби захисту, ізолювальні пристрої і пристосування для ремонтних робіт під напругою в електроустановках 110 кВ і вище).

З класу електрозахисних засобів виділяються ізолюючі електрозахисні засоби, які в свою чергу поділяються на основні та додаткові.

Основний електрозахисний засіб - це СЗ, що застосовується при роботі в електроустановці, і ізоляція якого тривалий час витримує робочу напругу установки або дозволяє доторкатися до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

Додаткове електрозахисний засіб - це СЗ, яке саме по собі при цьому напрузі не може забезпечити захист від ураження електричним струмом, але доповнює основний засіб захисту, а також служить для захисту від напруги дотику і крокової напруги.

Основні електрозахисні засоби поділяються:

- електрозахисні засоби в електроустановках понад 1000 В (ізолюючі штанги, ізолюючі і електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, пристрої та пристосування для забезпечення безпеки при проведенні випробувань і вимірювань в електроустановках);
- електрозахисні засоби в електроустановках до 1000 В (ізолюючі штанги, ізолюючі і електромагнітні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, ізольований інструмент).

Додаткові електрозахисні засоби поділяються:

- електрозахисні засоби в електроустановках понад 1000 В (діелектричні рукавички, діелектричні боти, діелектричні килими, ізолюючі підставки і накладки, ізолюючі ковпаки, штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу);
- електрозахисні засоби в електроустановках до 1000 В (діелектричні калоші, діелектричні килими, ізолюючі підставки і накладки, ізолюючі ковпаки).

Засоби колективного захисту від ураження електричним струмом:

1. Захисне заземлення.
2. Занулення.
3. Захисне відключення.
4. Застосування низьких напруг.

5. Подвійна ізоляція.

6. огорожувальні пристрої.

7. Сигналізація, блокування, знаки безпеки, плакати.

До засобів індивідуального захисту, що застосовуються в електроустановках, відносяться: засоби захисту голови (каска); очей і обличчя (окуляри, щитки); органів дихання (респіратори); рук (рукавиці, рукавички); кошти, які страхують від падіння (пояса, канати).

Персонал, що знаходиться в приміщеннях з діючим електрообладнанням, а також при обслуговуванні повітряних ЛЕП, повинен надягати захисні каски.

При виборі конкретних видів ЗІЗ необхідно пам'ятати, що ЗІЗ відносяться до видів продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз основних вимог до параметрів освітлення в закладах освіти в цілому та спеціальні вимоги до освітлення комп'ютерних класів, поданих в Санітарному регламенті для закладів загальної середньої освіти (2020 р.) та Державних будівельних нормах (Природне і штучне освітлення ДБН В.2.5-28:2018).
2. На основі аналізу енергоефективності та біологічної ефективності випромінювання обґрунтовано вибір світлодіодних джерел світла для проектованої освітлювальної установки.
3. На основі моделювання освітленості спортзалу з використанням світильників з різними типами КСС обґрунтовано вибір світильників ДСП45У-3x20-521 з глибокою КСС. Проведений розрахунок освітленості приміщення спортзалу показав адекватність запропонованої моделі розрахунку, отримано нормований рівень освітленості робочої площини $E_c = 300$ лк із забезпеченням нормованої однорідності освітленості $U_0 = 0,6$.
4. Із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку розрахована необхідна кількість світлових приладів для кожного типу приміщення, проведено розрахунок освітлення всіх приміщень у програмі Dialux та представлено криві рівної освітленості горизонтальної робочої площини кожного поверху коледжу. Розрахована споживана потужність освітлювальної установки будівлі коледжу становить 14,93 кВт, що в 1,6 разів менше за існуючу на даний час установку.
5. Проведено розрахунок електричної частини освітлювальної установки, представлена схема живлення електроосвітлення.
6. Проведено моделювання комп'ютерного класу з врахуванням вимог нормативних документів щодо облаштування та оптичних характеристик поверхонь.
7. Запропоновано три схеми розміщення світлових приладів – прямокутну, лінійну та кругову та проведено розрахунок нормованих параметрів

світлового середовища – горизонтальної освітленості площини столів та клавіатур, вертикальної освітленості площини моніторів, яскравості фону та узагальненого показника засліпленості. На основі моделювання та розрахунків встановлено, що лінійна схема розміщення світильників не забезпечує нормованого рівня освітленості вертикальних площин, кругова схема розміщення дає великий коефіцієнт неоднорідності освітленості. Найкращим розміщенням світлових приладів, при якому забезпечують нормовані вимоги до освітлення комп'ютерних класів, є прямокутне розташування.

8. Проведено оцінку достовірності розрахунків на основі аналізу причин похибок при моделюванні та неточностей при вимірюваннях параметрів світлового середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

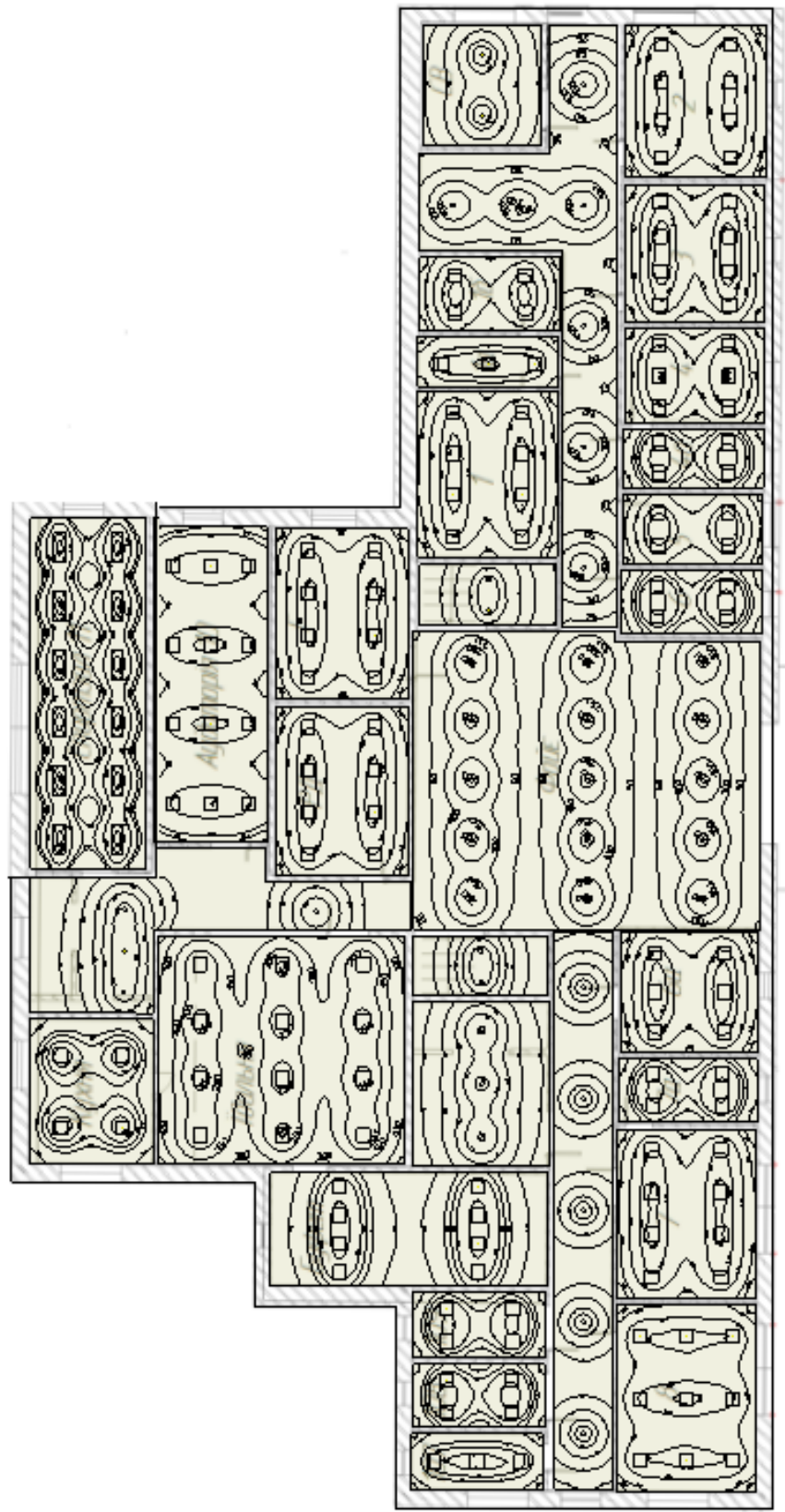
1. Карманов В.В., Костик Л.М. Розробка енергоощадної освітлювальної установки приміщень навчального закладу та контроль її параметрів / Тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 7-8 грудня 2022 року. Тернопіль: ТНТУ, 2022. – С. 100-101.
2. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
3. Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти [Електронний ресурс] – [Цит. 2022, 05 грудня] https://moz.gov.ua/uploads/5/27593-dn_2205_25_09_2020_dod_1.pdf.
4. Правила улаштування електроустановок. / Міненерговугілля України, -К., 2017.
5. Осадца Я.М. Світлотехнічні установки та системи [електронний ресурс]: // Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 900): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
6. Васильєва Ю.О., Ляшенко О.М. Оцінка об'єднаного показника дискомфорту у програмі DIALux // Метрологія і прилади. – 2017. – №2. – С. 30-34.
7. Шпак С.В., Кислиця С.Г., Кожушко Г.М. Особливості оцінювання дискомфорту та засліплювальної блискавості освітлювальних установок зі світлодіодами // Scientific practice: modern and classical research methods. - Volume 2, Boston, USA, February 26, 2021 – P.9-15.
8. Андрійчук В.А., Костик Л.М. Розрахунок інтегральних характеристик світлового поля, створеного опромінювачем з несиметричним світловим розподілом // "Світлотехніка та електроенергетика", 2009. - №3(19). - С.39-45.
9. EN 12464-1:2011 Light and lighting- Lighting of work places –Part 1: Indoor work places. — Brussels: CIE. — 117 p.

- 10.RC132V [Электронный ресурс] – [Цит. 2022, 05 грудня]
https://www.lighting.philips.ua/api/assets/v1/file/Signify/content/fp911401841184-pss-ru_ru/911401841184_EU.ru_RU.PROF.FP.pdf
- 11.ДСП46У <http://vatra.ua/ukr/industrial-lighting/dsp46u-VATRA> [Электронный ресурс] – [Цит. 2022, 05 грудня].

ДОДАТОК А

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ОСВІТЛЕНOSTІ ПОВЕРХІВ В ПРОГРАМІ
DIALux

План 1-го поверху



План 3-го поверху

