

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Впровадження енергоефективної системи освітлення
допоміжних приміщень у загальноосвітній школі м. Зборів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	Маланчук В.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Тарасенко М.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Мовчан Л.Т.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Тарасенко М.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	Шовкун О.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ – 41. - Т. : ТНТУ, 2023.

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 73 сторінки. В роботі міститься 19 рисунків, 6 таблиць, 17 літературних джерел.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Впровадження енергоефективної системи освітлення допоміжних приміщень у загальноосвітній школі м. Зборова».

Метою роботи є представлення інформації щодо світлотехнічних характеристик різних джерел світла та пошук технічних рішень з модернізації існуючої систем освітлення допоміжних приміщень загальноосвітньої школи м. Зборова.

В роботі проводиться вибір системи штучного освітлення яка забезпечить необхідну освітленість в коридорах на сходових клітках, комунікаційних та підсобних приміщеннях, також виконано розрахунки освітлювального та силового обладнання системи освітлення школи.

Перелік ключових слів:

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ДЖЕРЕЛА СВІТЛА. ОСВІТЛЕННЯ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ УСТАНОВ, СВІТЛОДІОДНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ, КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Сучасні проблеми енергоефективності освітлення	9
1.2 Визначення енергоефективних критеріїв для освітлювальних установок	12
1.3 Методи підвищення енергоефективності систем освітлення	13
1.4 Стан системи освітлення в загальноосвітніх закладах	17
1.5 Висновки до розділу 1	19
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Вихідні дані	20
2.2 Вибір освітніх систем	21
2.3 Вибір показника робочого освітлення	22
2.4 Вибір світильників	24
2.5 Електричне підключення освітлювальної мережі школи	30
2.6 Вибір компонентів електричної мережі	33
2.8 Автоматизація системи освітлення школи	36
2.8.1 Архітектура автоматизованої системи	37
2.8.2 Принцип роботи автоматизованої системи	38
2.9 Висновки до розділу 2	44

	5
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	45
3.1 Методи розрахунку систем освітлення	45
3.2 Розрахунок електричних мереж системи освітлення	52
3.3 Висновки до розділу 3	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Заходи щодо охорони праці в умовах комбінованого освітлення примі- щень	57
4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання	58
4.3 Пожежна небезпека	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТОК А	63

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі, коли проблема зміни клімату та енергетичної ефективності стає все більш актуальною, розробка та впровадження енергоефективних технологій є нагальною потребою. Одним з ключових аспектів у цьому процесі є впровадження енергоефективної системи освітлення в загальноосвітніх школах. Використання енергозберігаючих методів освітлення у допоміжних приміщеннях може суттєво зменшити споживання електроенергії та сприяти створенню екологічно збалансованого навчального середовища.

Освітлення є невід'ємною частиною шкільної інфраструктури, але його вплив на енергоспоживання є значним. Традиційні системи освітлення, які використовуються у багатьох загальноосвітніх школах, мають недоліки, такі як велика енерговитратність та низька ефективність. Втім, застосування енергоефективних технологій, таких як LED-лампи, датчики руху та автоматичне керування освітленням, може допомогти знизити споживання електроенергії на освітлення в допоміжних приміщеннях школи.

Переваги впровадження енергоефективної системи освітлення в допоміжних приміщеннях загальноосвітньої школи є багатогранними. По-перше, використання LED-ламп дозволяє знизити споживання електроенергії на 50-70% порівняно з традиційними лампами, що сприяє значній економії енергоресурсів та зменшенню викидів парникових газів. По-друге, встановлення датчиків руху та автоматичного керування освітленням дозволить забезпечити оптимальне освітлення у приміщеннях лише тоді, коли вони знаходяться у використанні, уникнувши зайвого витрачання електроенергії.

Впровадження енергоефективної системи освітлення в допоміжних приміщеннях загальноосвітньої школи є кроком у напрямку створення екологічно свідомого освітнього середовища, яке виховує молоде покоління у дусі відповідальності за оточуючий світ. Крім того, вона є економічно вигідною,

оскільки дозволяє знизити витрати на електроенергію та забезпечити ефективне використання ресурсів школи.

Таким чином, впровадження енергоефективної системи освітлення в допоміжних приміщеннях загальноосвітньої школи має великий потенціал у забезпеченні економії електроенергії, створенні екологічно збалансованого навчального середовища та формуванні екологічної свідомості серед учнів. Це є необхідним кроком для створення сталого майбутнього та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Основною метою нашої кваліфікаційної роботи є пошук технічних рішень з модернізації існуючої систем освітлення допоміжних приміщень загальноосвітньої школи м. Зборова з метою економії електричної енергії за рахунок реалізації автоматичного відключення робочого освітлення коридорів при дзвінку на заняття та включенні при дзвінку на перерву, а також автоматичного керування аварійним освітленням залежно від робочого графіку школи.

У роботі передбачається використовувати такі методи дослідження, як метод аналізу та синтезу, що включають вихідні дані загальноосвітньої установи:

- теоретичний метод – огляд літератури з проблеми дослідження;
- економіко-математичний метод, полягає у безлічі розрахунків у вигляді емпіричних формул;
- метод порівнянь, що містить аналіз отриманих даних про енергоспоживання при звичайному та енергозберігаючому режимах;
- аналітичний метод, що включає підбиття результатів дослідження та формування висновків про виконану роботу.

Практична значимість роботи полягає у розкритті особливостей застосування енергозберігаючого режиму освітлення та оцінці відповідної економії енергоресурсів, що, в свою чергу, дозволяє об'єктивно оцінити значимість використання даного режиму роботи для робочого та аварійного освітлення.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сучасні проблеми енергоефективності освітлення

Освітлення – потужний споживач енергії, що потребує значних витрат на її обслуговування. Основна функція освітлення полягає в забезпеченні необхідних умов для комфортного та безпечного виконання необхідних завдань. З іншого боку, з підвищенням вартості енергії і усвідомленням суспільством проблем енергозбереження та охорони навколишнього середовища значно більше уваги почали приділяти енергоекономічному освітленню.

На освітлення в 2008 р. було витрачено 2650 ТВт · год енергії, або близько 19 % від загального світового енергоспоживання. Це відповідає виробництву 133 Плм · год світлової енергії, в середньому по 21 Млм · год на людину. Крім того, витрати електроенергії на освітлення розподіляються наступним чином: 28 % – житловий сектор, 48 % – сектор послуг, 16 % – промисловий сектор і 8 % – вуличне освітлення та інше. Обсяг споживання електроенергії на освітлення в промислово розвинених країнах становить від 5 до 15 % від загального обсягу енергоспоживання, в той час як в країнах, що розвиваються, досягає 86 %. Сьогодні 50 % від споживаної на освітлення електроенергії припадає на офіси, 20-30 % – на лікарні, 15 % – на промпідприємства, 10-15 % – на школи і 10 % – на житлові будинки.

У відносних одиницях електроенергія, яка витрачається на освітлення, може здатися незначною, але абсолютні цифри показують зовсім протилежну величину. Більше того, світові тенденції такі, що частка енергії, яка витрачається на освітлення, постійно зростає.

Вихід треба шукати в комбінуванні штучного і природного освітлення при максимальному використанні останнього. Ця точка зору сьогодні є загальноприйнятною, очевидно, що цей аспект має переважати при проектуванні нових і реконструкції старих будинків та споруд. Рівень проектування освітлення сильно впливає на його енергоекономічність в будівлі, адже визначаються основні характеристики системи освітлення: розташування світильників, рівні

освітленості та світлорозподіл. Відбиваючі характеристики поверхонь приміщення також впливають на світлорозподіл в ньому і повинні враховуватися на стадії проектування освітлення.

Природне освітлення економить електроенергію, яка витрачається на штучне освітлення приміщень. І з ростом цін на електроенергію це стає важливим економічним чинником. Проте природне освітлення не безкоштовне.

Сучасні конструкції вікон, є значно дорожчими, ніж конструкції глухих стін і не дивлячись на те, що сучасні вікна володіють високим опором теплопередачі, навіть вакуумні склопакети взимку пропускають назовні в три рази більше тепла, чим глухі стіни. В літку навпаки, через вікна в середину приміщення надходить велика кількість тепла. Це в свою чергу вимагає додаткових витрат енергії, як на опалення так і вентиляцію та охолодження. Крім того, природне освітлення вимагає додаткових витрат на ремонт і чищення.

Оцінка витрат на будівництво і експлуатацію систем природного освітлення будівель включає розрахунок капітальних витрат на встановлення вікон, системи опалення, вентиляції і охолодження, розрахунок експлуатаційних витрат на чищення та ремонт світлопрозорих конструкцій.

Оскільки витрати постійно міняються, об'єктивною оцінкою ефективності системи природного освітлення є енергетична оцінка. Енергетична і економічна оцінка систем освітлення приміщень дозволяє про-водити комплексне проектування освітлення будівель, дає можливість підійти до оптимальної інтеграції природного і штучного освітлення будівель відпо-відно до його функції, а також згідно кліматичним умовам місця будівництва.

Процес розподілу енергії яка витрачається на освітлення, зображена на діаграмі (рис. 1.1). В загальному випадку є два типи джерел світла (ДС), які використовуються для освітлення. Перший – це природне світло, другий – штучне світло. Як було сказано вище, слід прагнути до максимально можливого використання природного світла. Як показано на діаграмі, енергія потрапляє в будівлю у вигляді променистого потоку (іноді певним чином відфільтрованого скляними конструкціями) через світлові отвори і у вигляді електричної енергії.

Користувач може керувати енергетичними потоками, наприклад, використовуючи затінюючі пристрої або електричні вимикачі.

Звичайно, можуть бути використані і складніші пристрої, наприклад, автоматичні системи керування освітлювальних установок, що реагують на рівень природного освітлення. На розподіл потоку енергії впливає також, хоч і у меншій мірі, система обслуговування ОУ. На виході обох процесів знаходяться світлове і теплове випромінювання, природно, що зрештою світло перетворюється на теплову енергію.

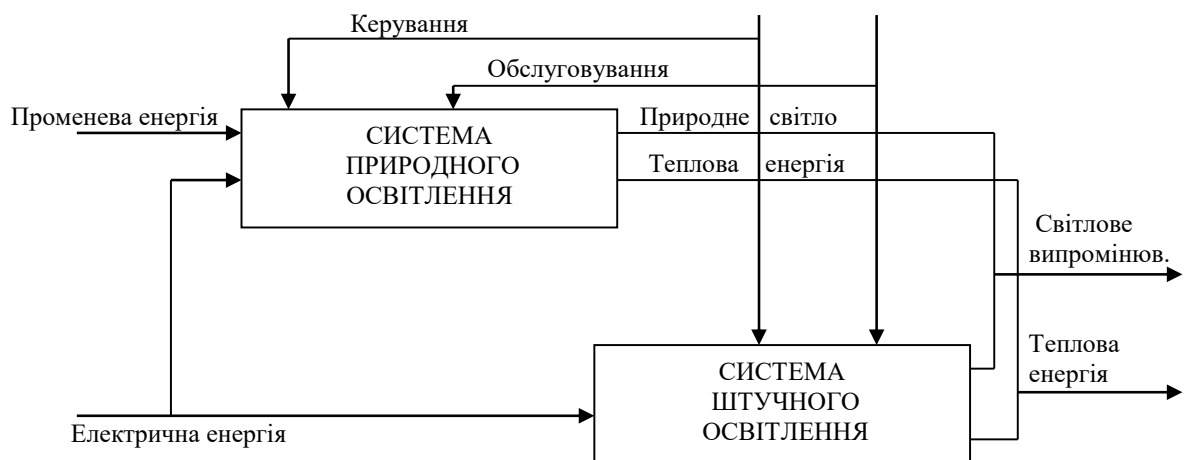


Рисунок 1.1 – Діаграма розподілу енергії, що витрачається на освітлення

Розглянемо процес детальніше. Для цього скористаємося моделлю, показаною на рисунку 1.2. Модель відтворює всі процеси і чинники, властиві по проектуванню і обслуговуванню ОУ. Основний процес можна розділити на п'ять логічних частин:

- А - специфікації;
- В - навколишнє середовище;
- С - природне і штучне освітлення;
- Д - керування і обслуговування;
- Е - компоненти.

Звичайно, кожна частина має ряд особливостей, пов'язаних з енергетичними характеристиками будівлі в цілому, з його світловодами і електричною ОУ.

При створенні енергоефективної системи найбільш важливі граничні умови можуть бути сформульовані з позицій прийнятності системи користувачем. Це означає, що специфікації і стратегії, вироблені на етапах А і D, визначають усі системи. Для реалізації системи, визначеної на етапі С, необхідно правильно розуміти вплив навколишнього середовища (В), а також вибирати компоненти, що задовольняють критерії ефективності (Е).

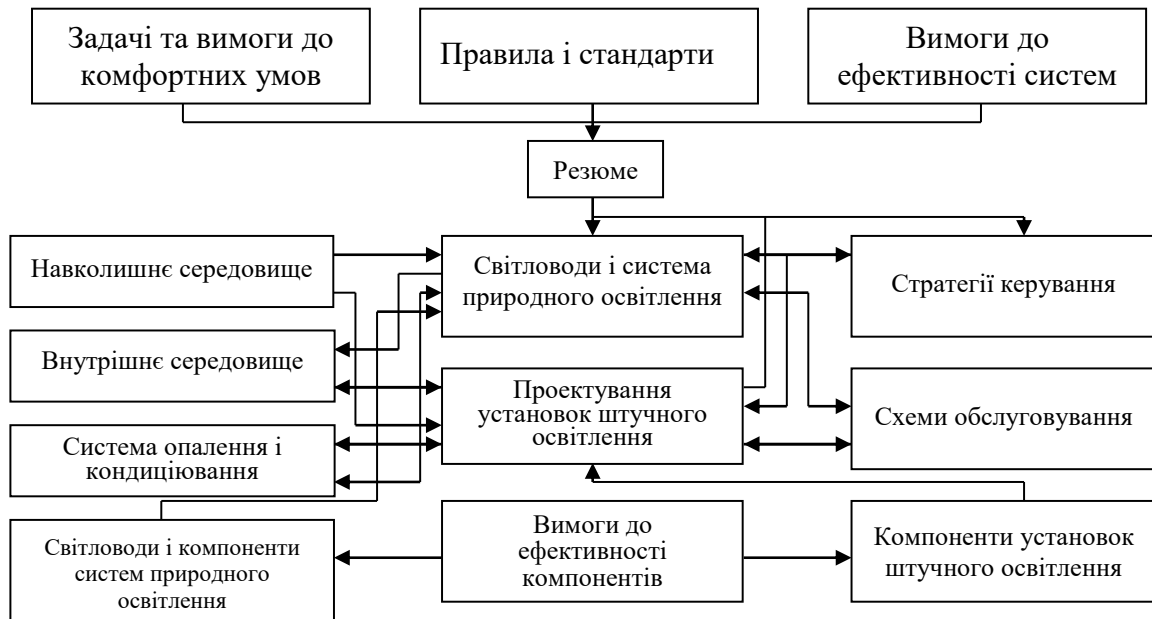


Рисунок 1.2 – Базова модель (енергія і освітлення в будівлях)

1.2 Визначення енергоефективних критеріїв для освітлювальних установок

Проектні рішення ухвалюються, як правило, на основі аналізу витрат на ОУ. Передові технологічні схеми, а також сучасні стандарти можуть стимулювати енергоефективні підходи до вибору компонентів ОУ. Необхідні норми освітлення можуть бути забезпечені багатьма способами, тому корисно мати набір правил, за допомогою яких можна визначити оптимальне рішення.

В даному випадку як критерій вибору проектного рішення ОУ вико ристовуємо енергетичну ефективність системи, визначену як відношення загального експлуатаційного світлового потоку ОУ до її середньої потужності за час використання:

$$\mathcal{E} = \frac{\sum \Phi_c}{\sum P_{oy} \cdot C_t \cdot \kappa} \quad (1.1)$$

де $\sum \Phi_c$ - сумарний світловий потік світильників, лм;

$\sum P_{oy}$ - сумарна встановлена потужність ОУ (ІС плюс ПРА, Вт);

C_t - коефіцієнт зниження часу використання ОУ за рахунок застосування систем управління освітленням;

κ - коефіцієнт, що визначає спад світлового потоку ОУ в процесі експлуатації.

Очевидно, що спад світлового потоку залежить і від умов експлуатації і обслуговування ОУ. Дуже важливим чинником енергетичної ефективності ОУ є зниження сумарного часу її напрацювання за наявності системи управління, оскільки воно (більшою мірою, чим умови експлуатації і обслуговування) залежить від режимів використання ОУ. В цьому випадку різні засоби управління освітленням, починаючи від автоматичних вимикачів, що відключають світильники під час обідніх перерв, датчиків, що реагують на присутність людей в приміщенні, і кінчаючи складнішими системами регулювання освітленості, можуть істотно вплинути на енергоефективність ОУ.

Окремого розгляду вимагає можливість зниження енергоспоживання в ОУ за рахунок істотного поліпшення якості освітлення (зниження засліплючої дії, поліпшення розподілу яскравості в полі зору, підвищення рівномірності розподілу освітленості, вибору правильного напрямку поширення світла, створення необхідного ціноутворення та ін.).

1.3 Методи підвищення енергоефективності систем освітлення

Підвищення енергоефективності систем освітлення тісно пов'язане із завданням комплексного зменшення витрат, оскільки для будь-якого споживача важливим є не лише зниження енергоємності, але і терміну окупності на нову або переобладнану ОУ.

Норми освітленості не повинні знижуватися для досягнення економії електроенергії на освітленні, відключення освітлювальних приладів або відмова від штучного освітлення, оскільки витрати, при погіршенні умов освітлення значно перевищують вартість заощадженої електроенергії. Ефективною слід вважати таку систему освітлення, яка створює якісне освітлення і зберігає свої характеристики впродовж тривалого часу при найменших капітальних і експлуатаційних витратах, в тому числі при мінімальному енергоспоживанні.

Правильний вибір системи освітлення на стадії проектування є важливим резервом енергоефективності.

Рекомендовані за техніко-економічними показниками галузі застосування різних систем освітлення наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Галузі застосування різних систем освітлення

Вид зорової роботи, СНіП 23-05-95*	Система освітлення		Можливий ефект від застосування систем комбінованого освітлення, %	
	комбінована	загальна	ΔE	ΔZ
I, IIa, IIб	рекомендується	не рекомендується	–	–
IIв, IIг	рекомендується при $S > 4.5 \text{ м}^2/\text{люд}$	рекомендується при $S \leq 4.5 \text{ м}^2/\text{люд}$	до 50	до 15
III	рекомендується при $S > 5 \text{ м}^2/\text{люд}$	рекомендується при $S \leq 5 \text{ м}^2/\text{люд}$	до 25	до 15
IVa, IVб	рекомендується при $S > 10 \text{ м}^2/\text{люд}$	рекомендується при $S \leq 10 \text{ м}^2/\text{люд}$	15-20	–
IVв, IVг	не рекомендується*	рекомендується	10-15	–

* Для IIв, IIг, III, IV розрядів рекомендується система комбінованого освітлення незалежно від при затіненні робочої зони або спеціальних вимог до освітлення.

Примітка. ΔA – економія електроенергії, ΔZ – економія приведених річних затрат; S – площа, яка розрахована для одного працівника в даному приміщенні.

Енергоефективність системи освітлення залежить від:

– світлової віддачі ДС, його терміну служби і стабільності характеристик в процесі роботи;

- світлотехнічних і енергетичних параметрів ОП;
- методів освітлення;
- режимів і способів експлуатації;
- ступеня використання природного освітлення;
- тарифів на електричну енергію (ЕЕ);
- числа годин використання в рік.

Споживання ЕЕ внутрішнім освітленням залежить від встановленої потужності ОУ і від часу його напрацювання. Цей час безпосередньо визначається присутністю людей в освітлювальному просторі, але основний вплив на енергоспоживання може здійснюватися ручним управлінням окремими ОП чи їх групами, наприклад, шляхом їх ввімкнення тільки в необхідних зонах. Впровадження таких систем управління освітленням (СУО) є одним із складових економічності ОУ.

В окремих випадках, таких як невеликі офіси, найкращою СУО може бути звичайний вимикач. Однак для більших об'ємів може бути рекомендована СУО, яка включає в себе таймери, фотоелектричні датчики рівня природного освітлення та ІЧ-датчики присутності, особливо коли неможливо виділити людину, яка є постійним користувачем даного приміщення (зони проходу, коридори, санвузли).

Оцінюючи економічність ОУ, важливо сумісно враховувати встановлену потужність і час використання. Велика встановлена потужність сукупності з ефективною СУО, яка забезпечує час напрацювання ОУ, може виявитись більш вигідною, чим альтернативний варіант з меншою потужністю, але гіршим управлінням.

Природне освітлення приміщень також відіграє важливу роль. При використанні відповідної СУО, яка дозволяє вимикати і регулювати штучне освітлення, можна добитись значної економії ЕЕ. При використанні природного освітлення необхідно продумати конструкцію світлових отворів з метою зменшення виникаючої засліпленості. Дана проблема особливо актуальна для приміщень в яких використовуються сонцезахисні жалюзі. Останні часто

залишаються закритими і тоді, коли в цьому немає необхідності, що приводить до необґрунтованих додаткових витрат електроенергії.

Систему комбінованого освітлення доцільно використовувати для забезпечення на робочих місцях високого рівня освітленості (500-4000 лк) і в приміщеннях, де площа, що припадає на одне робоче місце, досить велика. В приміщеннях з несиметричним та хаотичним розташуванням технологічного обладнання доцільно застосувати локалізоване розміщення ОП з використанням системи загального освітлення.

Системи керування освітленням повинні вибиратися виходячи з розмірів приміщень та типу будинків. Системи СУО дозволяють проводити регулювання світлового потоку ДС від 100% до 0%.

Для приміщень площею більше 50 м² потрібно використовувати автоматичне керування штучним освітленням в залежності від інтенсивності природного освітлення. В таблиці 1.2 представлено дані щодо оцінки потенційної економії енергії при різних методах контролю штучного освітлення.

Таблиця 1.2 – Шляхи економії ЕЕ

Кількість робочих	Вид природного освітлення в приміщенні	Спосіб регулювання штучного освітлення	Економія ЕЕ, %
1	верхнє	Безперервне	36-27
		Ступінчасте	32-13
2	бокове	Безперервне	22-7
		Ступінчасте	12-2
2	верхнє	Безперервне	31-23
		Ступінчасте	27-11
2	бокове	Безперервне	19-6
		Ступінчасте	10-2

Ефективне використання ЕЕ неможливе без раціональної експлуатації ОУ. Дуже часто ОУ, споживаючи однакову кількість ЕЕ з часом перестають виконувати свої функції, тому що рівень і якість освітлення безперервно погіршуються (знижується світловий потік ламп, ККД світильників, погіршуються основні характеристики світлопропускаючих та світловідбиваючих конструкцій).

Правильна експлуатація ОУ повинна базуватися як на застосуванні енергоефективних конструкцій та матеріалів, так і раціональних режимів технічного обслуговування.

Важливі аспекти «правильного» освітлення:

- енергоефективність;
- використання природного світла;
- індивідуальне керування освітленням;
- якість світла;
- обсяги викидів парникових газів, за час життєвого циклу освітлювальних установок (ОУ);
- валові витрати.

Більш ефективне використання енергії на освітлення могло б стимулювати до зменшення енергоспоживання і скоротити економічні та соціальні витрати (завдяки зниженню потреби в нових енергогенеруючих потужностях і зниженню обсягу викидів парникових газів).

1.4 Стан системи освітлення в загальноосвітніх закладах

Школа - найщасливіший період у житті кожної людини. Це час, коли формується особистість, складається характер і визначаються основні цінності людини. Освітні заклади є одним з ключових інструментів для виховання економного ставлення до ресурсів у молодого покоління, а питання енергоефективності в них має велике значення.

У цей період організм учня найбільш піддається впливу різних позитивних і негативних факторів, головним з яких є освітлення [4]. Важливість світла для людського зорового аналізатора потрібно розуміти, оскільки через зір ми отримуємо до 90% інформації про оточуючий світ.

За результатами дослідження, проведеного в рамках проекту програми розвитку ООН і Глобального екологічного фонду, 22-25% молодих людей

закінчують школу з вадами зору. Однією з основних причин цього процесу є незадовільний стан освітлення шкіл через [4]:

- високу нерівномірність горизонтального освітлення;
- низький коефіцієнт кольоропередачі;
- порушення вимог чинних норм щодо освітленості на робочих місцях і на дошках;
- перевищення максимально допустимого рівня пульсації світлового потоку в 2,5-3 рази;
- використання ламп з різною кольоровою температурою в одному приміщенні.

Згідно з діючими санітарними нормами, такі умови освітлення кваліфікуються як шкідливі та небезпечні для здоров'я, сприяють погіршенню гостроти зору, втомлюваності, розвитку захворювань, нервовому збудженню школярів та погіршенню сприйняття матеріалу.

Слід звернути увагу, що у нашій кваліфікаційній роботі досліджується енергозберігаючий режим робочого освітлення для комунікаційних приміщень, призначених для переміщення учнів та вчителів, таких як коридори, сходові майданчики, а також фойє. Очевидно, що в основному по шкільних коридорах та сходових майданчиках учні та викладачі пересуваються у перервах між заняттями, а в фойє проводять вільний час і відпочивають. Необхідність забезпечення максимальної безпеки руху по цих приміщеннях та комфортного проведення часу учнів позиціонує освітлення комунікаційних приміщень не менш важливим, ніж у класних кімнатах.

Крім того, освітлення коридорів, сходових майданчиків та маршів у навчальних закладах продовжує працювати протягом тривалого часу через їх високу зайнятість заняттями протягом робочого дня, роботами з технічного обслуговування та ін.

У всіх цих випадках комунікаційні приміщення повинні бути добре освітлені для забезпечення безпеки. У зв'язку з цим, в рамках ефективної та енергозберігаючої системи освітлення настійно рекомендується використо-

вувати різноманітні датчики і/або інтелектуальні рішення на основі енергоефективних джерел світла, що освітлюють лише зайняті простори.

Все це визначає основні вимоги до освітлення навчальних закладів освітлення, незалежно від типу закладу:

- забезпечення максимально комфортного освітлювального середовища;
- відповідність освітлювального середовища актуальним нормам та правилам;
- забезпечення ефективності та економічності систем освітлення.

1.5 Висновки до розділу 1

1. Проведено огляд проблем енергоефективності систем освітлення.
2. Здійснено огляд стану систем освітлення в загальноосвітніх закладах.
3. На основі здійсненого огляду запропоновані методи підвищення енергоефективності систем освітлення.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані

Висота коридорів складає – 2,98 м, для сходових кліток 3,90 м.

Номера приміщень у яких потрібно замінити освітлення:

блок А: 1078*, 1081*, 1084, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1100, 1092, 1101*, 1099*, 2047*, 2052*, 2061, 2062*, 2063*, 2064, 2065*, 2066, 2067*, 3051*, 3056*, 3065, 3067, 3068*, 3069*, 3070, 3071*, 3072, 3073*, 4002*, 4007*, 4024*, 4016, 2020, 4022, 4018, 4019*, 4020*, 4021, 4022*, 4023;

блок Б: 0003*, 003*1, 0028*, 1041*, 1005*, 1034, 1002*, 1009, 1006*, 1018, 1026, 1025, 2028, 2001*, 2021*, 2023*, 2024*, 2028*, 2019*, 2002*, 2003*, 2011*, 2012*, 3015 3025, 3026 3002, 3012, 3013*;

блок В: 1046*, 1047*, 1048*, 1049, 1068, 1069*, 1070*, 1071*, 1072*, 1073, 1076, 1074, 1077*, 1054*, 1055*, 1060*, 1062*, 1063*, 1065*, 2029*, 2038, 2039*, 2040*, 2041*, 2042*, 2043, 2045*, 3029*, 3042, 3044*, 3046*, 3047, 3049*, 3043*, 3045*.

Примітка: * аварійне освітлення обов'язкове.

Розклад уроків та графік роботи школи представлені у таблиці 2.1.

На рис. 2.1 показано загальний вигляд будівлі школи м. Зборова.

За 35 років існування школи, у ній отримали базову освіту 2959 учнів, повну середню освіту - 1716 учнів, а 304 учні отримали золоті та срібні медалі. Школа побудована за типовим проектом і у ній можуть одночасно навчатись до 1180 учнів. Протягом навчально року у школі працюють групи продовженого дня які можуть відвідувати до 120 дітей.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд будівлі загальноосвітньої школи у м. Зборові

Таблиця 2.1 – Розклад уроків

<i>№ уроку</i>	<i>Початок і кінець уроків, год.</i>	<i>Тривалість перерви, хв.</i>
1	08:30-09:15	10
2	09:25-10:10	15
3	10:25-11:10	10
4	11:20-12:05	20
5	12:25-13:10	10
6	13:20-14:05	10
7	14:15-15:00	-

2.2 Вибір освітніх систем

У відповідності до ДБН В.2.5-28:2018 "Освітлення і природне освітлення", у загальноосвітніх закладах можуть використовуватися різні системи освітлення для забезпечення належного освітлення у класних кімнатах, коридорах, спортивних зали, їдальнях та інших приміщеннях. Серед цих систем можуть

застосовуватися загальне освітлення (рівномірне або локалізоване) та змішане освітлення (загальне та місцеве). Вибір певного типу освітлення залежить від вимог безпеки, ефективності та комфорту для учнів та працівників школи. У зв'язку з тим, що розглядається реалізація системи освітлення для комунікаційних приміщень, призначених для пересування людей, таких як коридори, сходові прольоти, а також для вузлів комунікацій що включають холи та ін., тому пропонується система загального освітлення.

На підставі аналізу та рекомендацій ДБН В.2.5-28:2018, вибираємо до встановлення для загального освітлення енергоефективні освітні джерела – світлодіодні світильники.

2.3 Вибір показника робочого освітлення

Освітлення у школі відіграє чималу роль у високій працездатності учнів та всіх працюючих осіб у загальноосвітньому закладі, у тому числа працівників технічного персоналу. Причому, потреба в штучному освітленні існує навіть у денний час, у зв'язку з тим, що загальноосвітня школа, що розглядається, має значну певну комунікаційних приміщень, і не всі вони знаходяться поблизу вікон. У зв'язку з цим для розрахунків та надання теоретичних головним джерелом освітлення буде штучне світло.

Штучне освітлення, в рамках індивідуального завдання, підрозділяється на робоче та аварійне. Варто відзначити, що в приміщеннях нормовані характеристики освітлення забезпечуються за допомогою комбінованої роботи світильників робочого освітлення та аварійного освітлення, яка відповідає встановленим нормам.

До нормованих показників світлового середовища, у тому числі в загальноосвітній установі, належать:

- ✓ колірна температура;
- ✓ світловіддача;
- ✓ індекс кольоропередачі;

- ✓ освітленість на робочій поверхні;
- ✓ питома встановлена потужність.

Для повного розуміння вимог нормативних документів до параметрів світлового середовища в аналізованих приміщеннях, в рамках роботи, поговоримо трохи докладніше про кожен з цих показників.

Колірна температура це температура абсолютно чорного тіла, при якій воно випромінює аналогічний колір, що й досліджуване випромінювання. Колірна температура вимірюється в кельвінах (К).

СВ ДС вимірюється в «лм/Вт», і визначається як відношення СП лампи до споживаної нею потужності.

Високі вимоги до коефіцієнта потужності, що визначається як відношення активної потужності використовуваного навантаження до повної потужності, обумовлюються тим, що споживач платить лише за активну потужність, а розплачуватися за поганий коефіцієнт потужності доводиться мережевим компаніям, що постачають електроенергію, оскільки більшість реактивної потужності виділяється в проводах. Іншими словами, коефіцієнт потужності потрібен для того, щоб підібрати енергоефективний освітлювальний прилад та не платити за нераціонально використовувану електрику.

Коефіцієнт пульсації освітленості визначається як міра відносної амплітуди змін освітленості в освітлювальній системі в результаті зміни в часі СП ДС. Цей коефіцієнт служить критерієм для оцінки глибини коливань освітленості і використовується для визначення якості освітлення.

Питома потужність, яка вимірюється у Вт/м² називається встановлена потужність штучного освітлення у приміщенні, віднесена до корисної (освітлюваної) площі.

Для визначення норм комфортного освітлення загальноосвітніх закладів рекомендується користуватись ДБН В.2.5-28:2018 і зокрема таблицею Д.1.

Нормативні показники освітлення загальноосвітніх закладів наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Нормативні показники освітлення загальноосвітніх закладів

Приміщення	Площина (Г – горизонтальна, В – вертикальна) нормування освітленості та КПО, висота площини над рівнем підлоги, м	Розряд і підроз- ряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість робочих поверхонь, лк		цилін- дрична освіт- леність, лк	показник диском- форту, М не більше	коєфі- цієнт пуль- сації, K _з , %, не більше	КПО D _н , %		КПО D _н , %	
			при комбіно- ваному освітленні	при загаль- ному освіт- ленні				середнє D _{н пр сер}	міні- мальне D _{н пр min}	середнє D _{н сум сер}	міні- мальне D _{н сум min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заклади загальної середньої, професійної та вищої освіти											
36. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії закладів середньої освіти, професійно-технічних закладів	В – 1,5 на середині дошки	A-1	–	500	–	–	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	A-2	–	400	–	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
37. Аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії у вищих навчальних закладах	В – 1,5 на середині дошки	A-2	–	400	–	–	10	3,5	1,2	2,1	0,7
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	A-2	–	400	–	40	10	3,5	1,2	2,1	0,7
38. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки	В – 1,0 на екрані дисплея	Б-2	–	200	–	–	–	–	–	–	–
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	A-2	500/300	400	–	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7
39. Кабінети технічного креслення та малювання	В – на дошці	A-1	–	500	–	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	A-1	–	500	–	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
40. Лаборантські при навчальних кабінетах	Г – 0,8	A-2	500/300	400	–	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7
41. Майстерні з обробки металів та деревини	Г – 0,8 на верстаках і робочих столах	IIIб	1000/200	300	–	40"	10	–	–	3,0	1,2
42. Інструментальна, кімната майстра інструктора	Г – 0,8	Б-1	–	300	–	40	10	3,0	1,0	1,8	0,6
43. Кабінети обслуговуючих видів праці для дівчаток	Г – 0,8	A-2	–	400	–	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
44. Спортивні, фізкультурно-спортивні зали	Г – підлога	Б-2	–	200	–	60	10	3,0 ²⁾	1,0 ²⁾	1,8 ²⁾	0,6 ²⁾
	В – на рівні 2,0 м від підлоги з обох сторін на поздовжній осі приміщення	–	–	75	–	–	–	1,2	0,3	0,8	0,2
45. Снарядні, інвентарні, господарські комори	Г – 0,8	–	–	50	–	–	–	–	–	–	–
46. Криті басейни	Г – поверхня води	В-1	–	150	–	60	10	3,0 ³⁾	1,0 ³⁾	1,8 ³⁾	0,6 ³⁾
47. Актіві зали, кіноаудиторії	Г – підлога	Д	–	200	75	90	–	–	–	–	–
48. Естради актових залів	В – 1,5	Г	–	300	–	–	–	–	–	–	–
49. Кабінети й кімнати викладачів	Г – 0,8	Б-1	–	300	–	40	10	3,0	1,0	1,8	0,6
50. Рекреації	Г – підлога	Е	–	150	–	90	–	2,0 ²⁾	0,4)	1,2 ²⁾	0,3 ²⁾

Отже мінімальна освітленість для допоміжних приміщень ЗОШ м. Зборова буде становити $E_{\text{нор}} = 75$ лк, для коридорів, холів та сходових кліток $E_{\text{нор}} = 100$ лк. Як джерела світла будуть застосовуватись світлодіодні світильники або світильники з світлодіодними лампами.

2.4 Вибір світильників

Наступним етапом впровадження енергоефективної системи освітлення у ЗОШ м. Зборова є вибір типу світильників, які відповідають умовам експлуатації, їх висоту підвісу та орієнтовне розміщення у приміщенні.

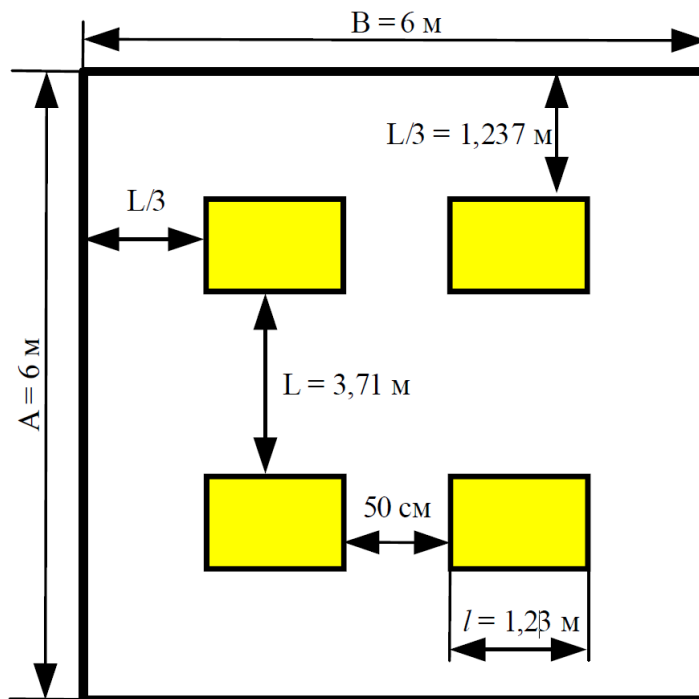


Рисунок 2.2 – Схема розміщення світильників

Серед очевидних переваг світлодіодних джерел світла порівняно з газорозрядними є їх висока енергоефективність. При штучному освітленні рекомендується використовувати джерела світла, які є енергоефективними, і при однаковій потужності віддавати перевагу джерелам з найбільшою світловою видачею та довгим терміном служби. В цьому відношенні світлодіодні джерела світла є бажаним вибором.

У зв'язку з цим, у рамках кваліфікаційної роботи, для реалізації автоматизованого енергозберігаючого режиму системи освітлення середньої загальноосвітньої школи з навісними стелями, використовуємо вбудовані стельові LED-світильники, які забезпечують рівномірне розсіяне світло і миттєво виходять на робочу потужність.

Пропонується до використання навісні стелі, що дозволяють забезпечити можливість заміни кабелів та закрити комунікації, не займаючись штробленням стін. В такому випадку, при використанні стель навісного виконання з вбудованими світлодіодними освітлювальними панелями висота підвісу складе 15 см.

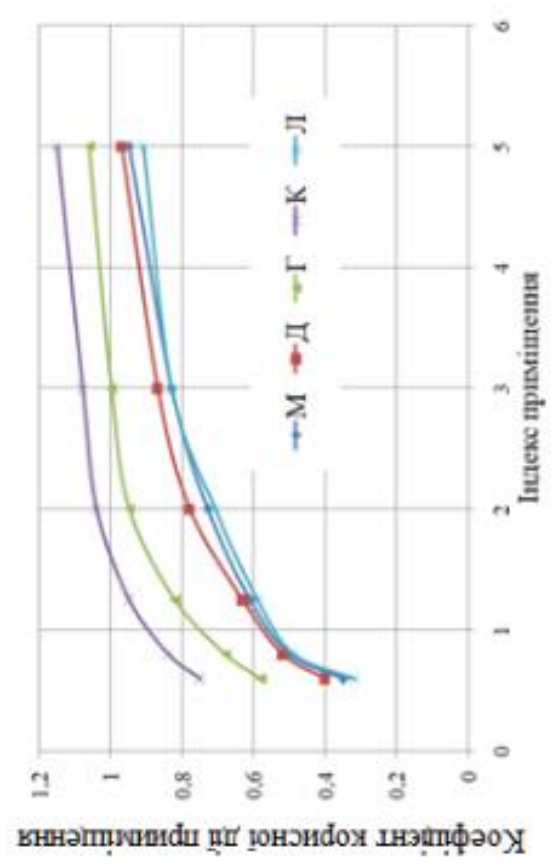
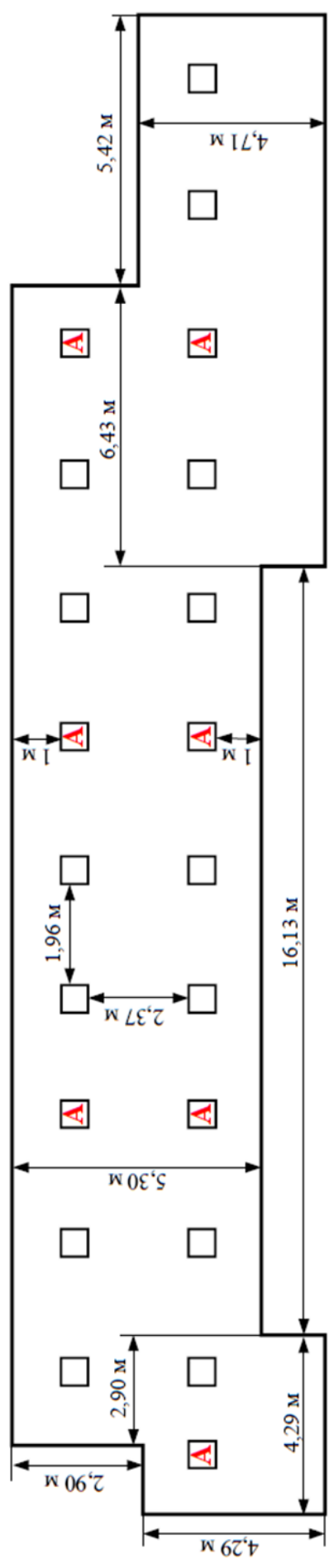


Рисунок 2.2 – Кольорова палітра стін коридорів школи, схема розташування світильників у них та

Отже для освітлення допоміжних приміщень ЗОШ м. Зборова я пропоную використати світлодіодні світильники характеристика світильників наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Типи світильників для освітлення ЗОШ м. Зборова

<i>Назва приміщення</i>	<i>Тип світильника</i>
Сходові клітки, господарські та технічні приміщення	Норfen HLR-24
Коридори, холи	PHILIPS RC091V
Аварійне освітлення	ДПП06У

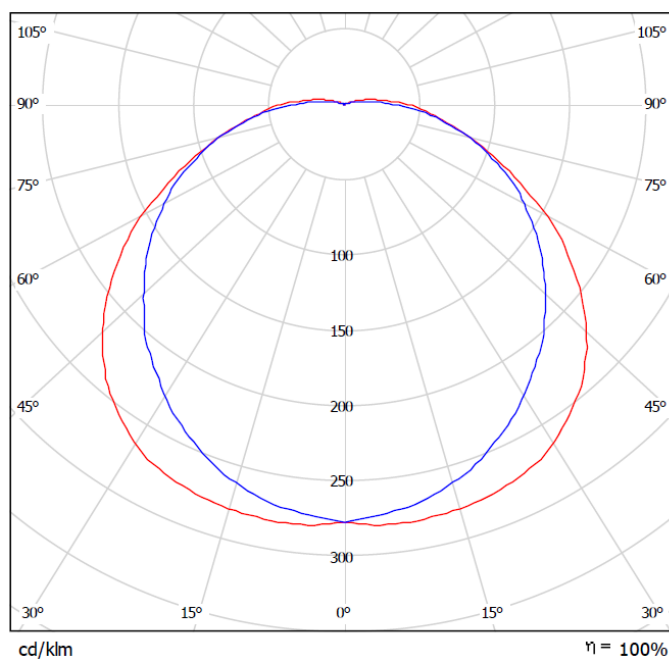
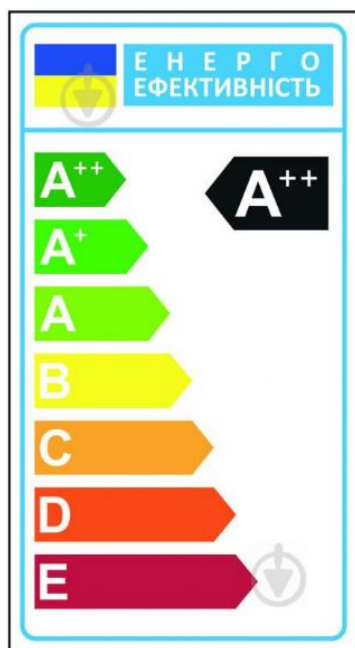
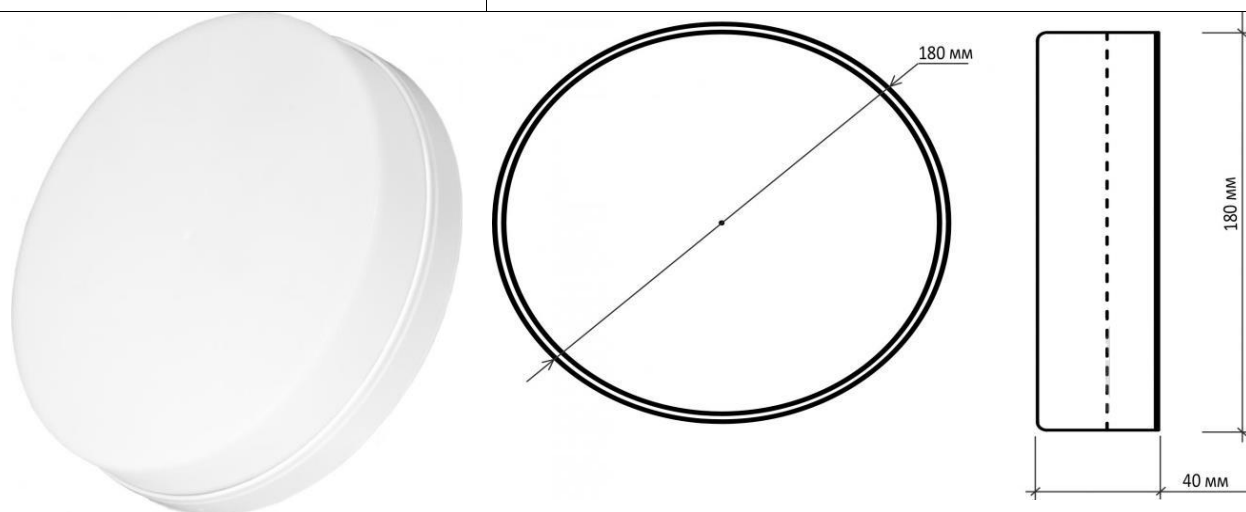


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд та характеристика світильника Норfen HLR-24

Світлодіодний світильник Норfen HLR-24 загальний вигляд і характеристику якого наведено на рис. 2.2 призначений для освітлення різних об'єктів наприклад - сходові прольоти, тамбури, господарські та технічні приміщення.

Для штучного освітлення таких приміщень як коридори, холи та тамбури слід застосовувати світильники розсіяного світла типу PHILIPS RC091V загальний вигляд і технічна характеристика якого наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд та характеристика світильника PHILIPS RC091V

Для аварійного освітлення використаємо світильники ДПП06У (рис 2.5) та аварійні світлові покажчики типу ДБО02ВСП (рис 2.6).

Світильник типу ДПП06У зазвичай використовується для загального освітлення приміщень, але завдяки своїй економічності та тривалій безперебійній роботі, завдяки вбудованому акумулятору, його часто використовують для аварійного освітлення, він забезпечує аварійне живлення



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд світильника ДПП06У

при відключенні основного джерела напруги. Під час аварійного режиму світильник може випромінювати світло і функціонувати як сигнал для евакуації або надати достатнє освітлення для безпечного руху у випадку вимушеної евакуації.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд ДБО02ВСП

Аварійні світлові покажчики типу ДБО02ВСП використовуються для позначення напрямку до ближчих виходів або безпечних зон під час аварійної ситуації. Вони зазвичай мають світлодіоди, які випромінюють чітке напрямлене

світло, що дозволяє людям орієнтуватися та знаходити шлях до безпечних місць. Ці світлові покажчики зазвичай встановлюються на стінах або стелях будівлі на висоті, що забезпечує їх видимість з різних кутів.

Обидва типи світлодіодних пристроїв є ефективними та енергоефективними рішеннями для аварійного освітлення. Вони забезпечують яскраве та надійне світло в аварійних ситуаціях, допомагаючи людям знайти шлях.

2.5 Електричне підключення освітлювальної мережі школи

Як правило, щити освітлювальної мережі розташовують в центрі навантажень після їх розміщення освітлювальну мережу ділять на групи.

При цьому все навантаження спочатку ділять рівномірно на три частини (за кількістю фаз мережі), а потім навантаження кожної фази ділять на групи.

Наприклад для щита 1ЩО1 блоку А першого поверху навантаження на фазу А складе 2,802 кВт (гр. 1, 4, 7), навантаження на фазу В – 2,804 кВт (гр. 2, 5, 11), фази С – 2,793 кВт (гр. 3, 6, 8, 9, 10).

Розподіл навантаження кожного щита освітлення на групи представлено у таблиці 2.4.

Нагрів провідників обумовлюється розрахунковим током однофазної групової лінії і визначається за формулою:

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos \varphi} = \frac{P_{уст} \cdot K_c}{U_\phi \cdot \cos \varphi} = \frac{400 \cdot 0,95}{220 \cdot 0,85} = 1,98 \text{ А} \quad (2.1)$$

де:

P_p – активна потужність освітлювальної лінії, Вт;

$P_{уст}$ – встановлена потужність робочого освітлення, Вт.

За аналогією визначимо всі електричні навантаження освітлювальної мережі допоміжних приміщень школи, а результати розрахунків зведеномо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця електричного навантаження освітлювальної мережі школи м. Зборова

Номер на плані	Номер приміщення	Ргр, кВт	Ін, гр А	Номер на плані	Номер на плані	Ргр, кВт	Ін, гр А	Номер на плані	Номер приміщення	Ргр, кВт	Ін, гр А
БЛОК А (ІЩОІ, ІЩОАІ)			БЛОК Б (ОЩОІ, ОЩОАІ)			БЛОК В З (ЗЩОІ, ЗЩОАІ)					
гр. 3	1078, 1081	0,500	2,47	гр. 3	0003	0,600	2,96	гр. 3	3015	0,190	0,94
гр. 7	1084	0,400	1,98	гр. 7	0031	0,210	1,04	гр. 4	3025	0,240	1,19
гр. 8	1093-1098	0,274	1,35	гр. 2А	0028, 0031	0,204	1,01	гр. 2А	3015	0,136	0,67
гр. 9	1100	0,200	0,99	гр. 3А	0003	0,390	1,93	гр. 3А	3025, 3026	0,274	1,35
гр. 10	1092	0,500	2,53	БЛОК Б (ІЩОІ, ІЩОАІ)			БЛОК В (ЗЩО2, ЗЩОА2)				
гр. 1А	1101, 1078, 1081, 1099	0,446	2,20	гр. 4	1041	0,56	2,770	гр. 3	3002	0,190	0,94
гр. 2А	1084	0,250	1,24	гр. 2А	1005, 1034, 1041	0,246	1,220	гр. 4	3012	0,420	2,08
гр. 3А	1094, 1095, 1097	0,218	1,08	гр. 5А	1002	0,078	0,39	гр. 2А	3012	0,216	1,07
гр. 4А	1100	0,256	1,26	БЛОК Б (ІЩО2, ІЩОА2)			БЛОК В (ІЩОІ, ІЩОАІ)				
гр. 5А	1092	0,309	1,53	гр. 3	1009	0,200	1,04	гр. 3А	3012, 3013	0,244	1,21
БЛОК А 2 (ЗЩОІ, ЗЩОАІ)											
гр. 3	2047	0,400	1,98	гр. 5	1006	0,240	1,19	гр. 3	1046	0,500	2,47
гр. 7	2052	0,400	1,98	гр. 6	1018	0,328	1,62	гр. 7	1046	0,150	0,74
гр. 8	2061-2066	0,274	1,35	гр. 8	1005	0,320	1,58	гр. 8	1068, 1070, 1072, 1073	0,274	1,35
гр. 1А	2047, 2067	0,286	1,41	гр. 2А	1009	0,180	0,89	гр. 9	1076	0,160	0,79
гр. 2А	2052	0,250	1,24	гр. 4А	1006	0,174	0,86	гр. 10	1074	0,973	4,81
гр. 3А	2062, 2063, 2065	0,218	1,08	гр. 5А	1005	0,240	1,19	гр. 1А	1046-1049, 1077	0,896	4,43
				гр. 8А	1018	0,122	0,60	гр. 2А	1054, 1055, 1060, 1062, 1063, 1065	1,086	5,37

Продовження таблиці 2.4.

Номер на плані	Номер приміщення	Ргр, кВт	Ін, гр А	Номер на плані	Ргр, кВт	Ін, гр А	Номер на плані	Номер приміщення	Ргр, кВт	Ін, гр А
	БЛОК А (ЗЦОІ, ЗЦОАІ)									
гр. 3	3051	0,400	1,98	гр. 5	0,328	1,62	гр. 3А	1046, 1069-1072	0,418	2,07
гр. 7	3056	0,400	1,98	гр. 4А	0,464	2,29	гр. 4А	1076	0,202	1,00
гр. 8	3065, 3067-3072	0,274	1,35				гр. 5А	1074	0,265	1,31
гр. 1А	3051, 307	0,286	1,41	гр. 3	0,150	0,74		БЛОК В (ЗЦОІ, ЗЦОАІ)		
гр. 2А	3056	0,250	1,24	гр. 5	0,390	1,93	гр. 3	2029	0,400	1,98
гр. 3А	3065, 3068, 3069, 3071	0,218	1,08	гр. 1А	0,356	1,76	гр. 7	2029, 2038, 2040, 2042, 2043	0,424	2,09
	БЛОК А (ЗЦОІ, ЗЦОАІ)			гр. 2А	0,126	0,62	гр. 1А	2029, 2045	0,286	1,41
гр. 3	4002	0,400	1,98	гр. 3А	0,216	1,07	гр. 3А	2029, 2039-2042	0,418	2,07
гр. 7	4007	0,400	1,98					БЛОК В (ЗЦОІ, ЗЦОАІ)		
гр. 8	4016, 4018-4023	0,474	2,34	гр. 3	0,120	0,59	гр. 3	3029	0,400	1,98
гр. 1А	4002, 4024	0,286	1,41	гр. 5	0,420	2,08	гр. 7	3029, 3042, 3044, 3046, 3047	0,424	2,09
гр. 2А	4007	0,250	1,24	гр. 1А	0,356	1,76	гр. 1А	3029, 3049	0,286	1,41
гр. 3А	4016, 4019, 4020, 4022	0,318	1,57	гр. 2А	0,096	0,47		3029, 3043-3046	0,418	2,07
				гр. 3А	0,138	0,68				

2.6 Вибір компонентів електричної мережі

Відповідно ПУЕ електричну проводку в школах слід виконувати проводами з мідними жилами, причому найменший допустимий переріз жили для групових мереж має бути не менше $1,5 \text{ мм}^2$.

Не менш важливим є те, згідно з ПУЕ, в однофазних лініях переріз фазного та нульового провідників має бути однаковим, отже, мінімально допустимий переріз має бути $1,5 \text{ мм}^2$.

Варто відмітити, що згідно з ПУЕ групова електрична проводка, яка прокладається від групових та поверхових щитків до світильників загального освітлення повинна виконуватися трипровідним провідником (фазний – L, нульовий робітник – N та нульовий захисний – РЕ провідник).

Відповідно до ПУЕ, прокладання електричної мережі за навісними стелями потрібно здійснювати у негорючих трубах або коробах.

Як правило в даному випадку перевага надається гофрованим трубам, що легко піддаються вигинам у необхідному напрямку, не втрачаючи при цьому своїх властивостей. Гофровані труби можна розділити на три основні типи: полівінілхлоридні (ПВХ), поліетиленові низького тиску (ПНД), а також металорукави.

Отже вибираємо електротехнічну гофровану трубу з ПВХ з номінальним зовнішнім діаметром 25 мм, внутрішній діаметр якої становить 19,1 мм.

Окрім негорючого матеріалу гофрованої труби не менш важливим є вибір електричних провідників.

Розглянемо найпоширеніші матеріали ізоляції. Найпоширенішим матеріалом ізоляції жил знову є ПВХ, що відрізняється низькою пожежною небезпекою і порівняно високою довговічністю, проте існує досить вагомий недолік - присутня токсичність продуктів горіння. Наступним за популярністю є матеріал ізоляції ПНД (поліетилен) – найстійкіший до впливу зовнішніх факторів матеріал, проте він має високу пожежну небезпеку. Окремо варто відзначити матеріал на основі безгалогенної полімерної композиції (БПК), що є

одним із найновіших нетоксичних матеріалів, що не містять хлору, але в порівнянні з полівінілхлоридною ізоляцією, що має великий ступінь виділення тепла при горінні.

Отже, враховуючи вимоги ПУЕ для прокладання електричного живлення системи освітлення школи ми будемо використовувати ПВХ гофротруби та силові кабелі з полімер-композиційною ізоляцією, які є не горючими ВВГнг(А)-HF і ВВГнг(А)-FRHF, відповідно. Дані кабелі мають сортаментний переріз від $1,5 \text{ мм}^2$ до 16 мм^2 .

Враховуючи що мінімальний переріз провідника з мідними жилами для живлення групових лій освітлення складає $1,5 \text{ мм}^2$, виберемо силовий кабель ВВГнг(А)-HF ($3 \times 1,5$) з допустимим струмовим навантаженням 21 А при прокладанні в повітрі, розріз кабелю показано на рис.2.7.

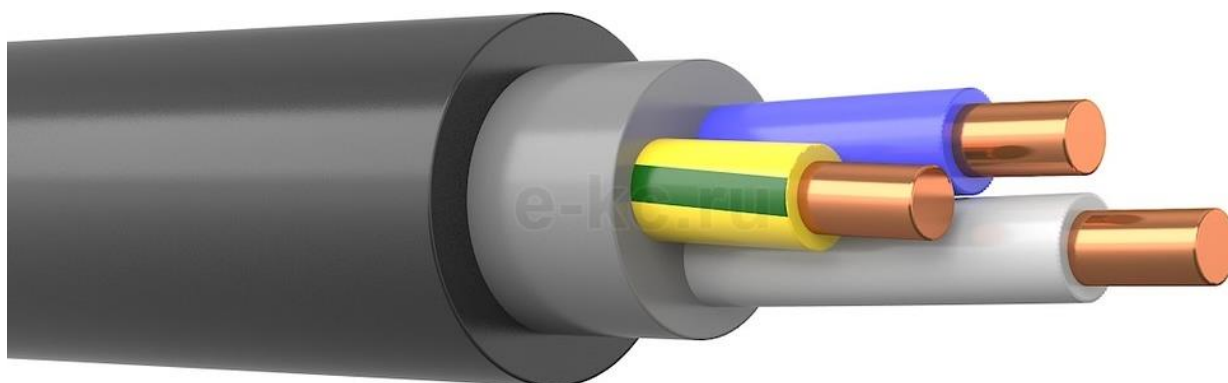


Рисунок 2.7 – Розріз кабелю ВВГнг(А)-HF ($3 \times 1,5$)

Розшифровка маркування кабелів ВВГнг(А)-HF та ВВГнг(А)-FRHF

В – ізоляція з безгалогенного термопластичного полімерного композиту - вінілу;

Г – не броньований («голий»);

НГ – низька пожежна небезпека;

(А) – категорія пожежної безпеки;

FR – зберігає свої властивості під відкритим вогнем;

Також за умовами ПУЕ лінії групової мережі внутрішнього освітлення мають бути захищені автоматичними вимикачами. Виберемо автоматичний вимикач для захисту групової лінії 1ЩО1 і здійснимо перевірку силового кабелю ВВГнг(А)-HF (3x1,5) по струму КЗ.

Номінальний струм автомату вибираємо за умовою $I_{ном.а} \geq 1,98A = I_{дл}$, тобто максимальний робочий струм групової лінії для 1ЩО1 буде дорівнювати $I_{дл} = 1,98A$.

Варто відзначити, що вибір номінального струму та характеристик спрацьовування електромагнітного автоматичного вимикача проводимо з врахуванням потенційної можливості збільшення освітлювального навантаження та з точки зору економічної доцільності та доступності захисного апарату.

Приймаємо однофазний вимикач типу ВА 47-29, призначений для захисту групових кіл, з номінальним струмом 10 А та характеристикою спрацьовування С. Вибір номінального струму апарату захисту та характеристика спрацьовування проводилися з урахуванням можливого розширення навантаження та з міркувань економічної доцільності. Загальний вигляд вимикача типу ВА 47-29 та його характеристика наведені на рисунку 2.8.

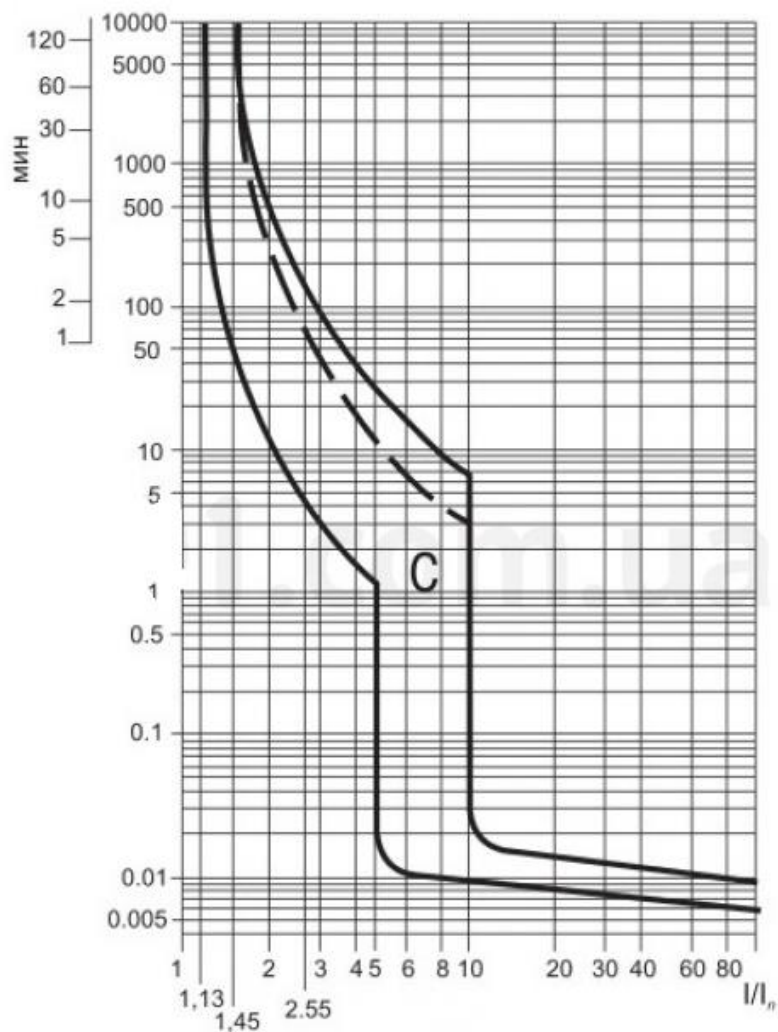


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд автоматичного вимикача типу ВА 47-29 та його струмова характеристика

2.8 Автоматизація системи освітлення школи

Сходові клітки, коридори, тамбури та ін. комунікаційні та допоміжні приміщення в основному характеризуються непостійним перебуванням людей та низьким рівнем природного освітлення.

Застосування автоматизованих систем керування режимами освітлення, які зможуть забезпечити нормований показник освітленості у таких приміщеннях є економічно вигідним і дозволяє значно знизити енерговитрати

для такого типу приміщень, оскільки освітлення використовуватиметься лише в ті моменти, коли це необхідно.

Реалізацію енергозберігаючого режиму освітлення пропонується побудувати на базі автоматичного керування робочим та аварійним освітленням, з можливістю дистанційного керування освітленням та управлінням по місцю з допомогою вимикачів.

Систем забезпечує для окремих групових ліній робочого та аварійного освітлення:

- дистанційне керування та контроль стану освітлення (вкл/викл);
- автоматичне керування робочим освітленням сходових кліток в залежності від часу доби;
- автоматичне відключення робочого освітлення коридорів при дзвінку на заняття та включення при дзвінку на перерву.

2.8.1 Архітектура автоматизованої системи

Архітектура автоматизованої системи - це абстрактне уявлення автоматизовану систему про яке включає моделі компонентів системи, а також моделі взаємодії між цими компонентами (елементами). Елементи архітектури знаходяться в взаємозв'язку, утворюючи єдину автоматизовану систему та забезпечуючи вирішення поставленого завдання автоматизації та, у нашому випадку, диспетчеризації на архітектурному рівні.

На рисунку 2.9 показано структурну схему комплексу технічних засобів диспетчеризації системи освітлення загальноосвітньої школи.

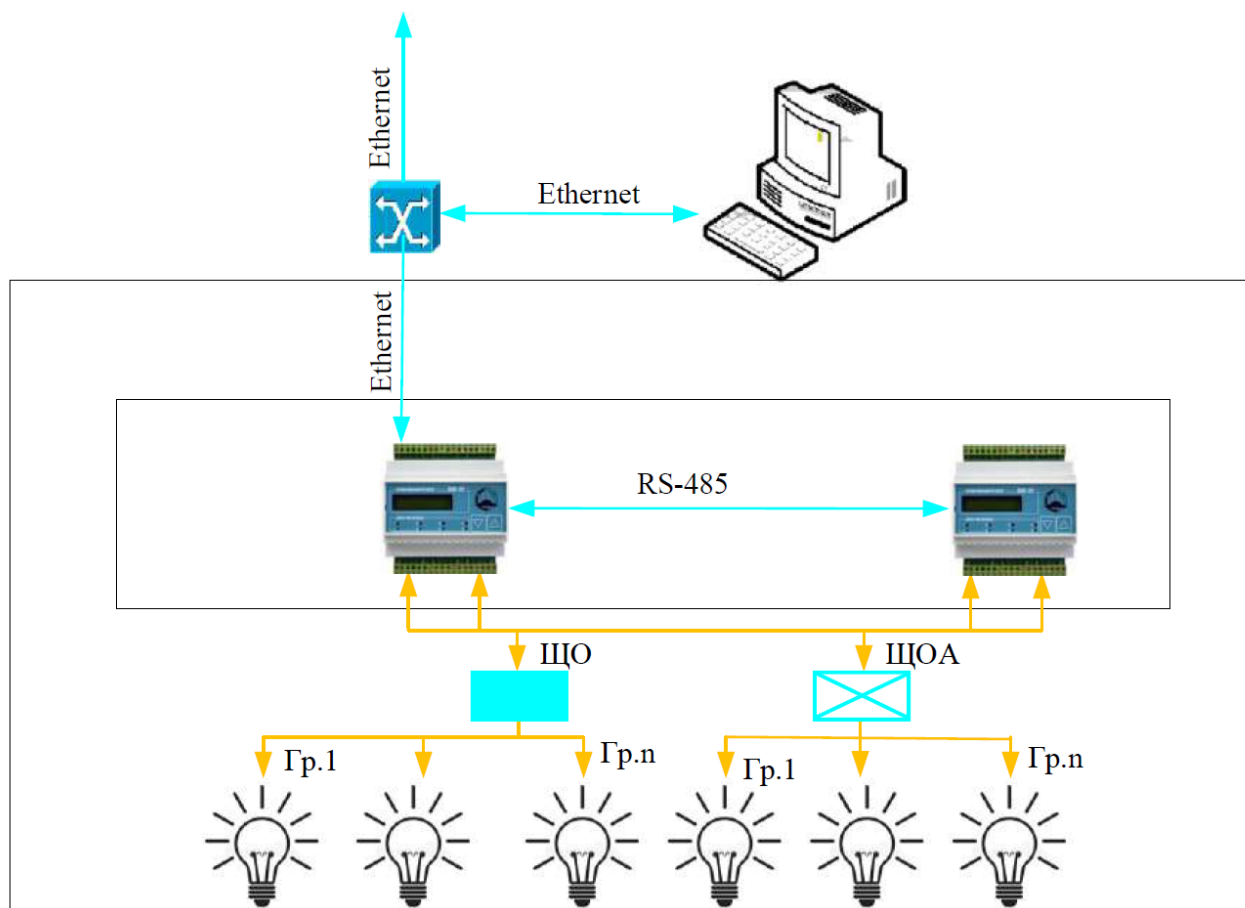


Рисунок 2.9 – Структура автоматизованої системи освітленням

В автоматизованій системі можна використовувати будь-який ПК який підключений до локальної мережі (у нашому випадку через Ethernet порту) і який має веб-браузер для перегляду мнемосхеми в реальному часі.

Сервером автоматизації такої системи може бути – будь-який ПК у школі, який має Ethernet порт, web сервер та базу даних, завдання якого полягає у виконанні служб, прописаних у програмному забезпеченні сервера.

2.8.2 Принцип роботи автоматизованої системи

В програмному забезпеченні сервера прописано декілька служб, одна з яких відповідає за включення та виключення певних груп згідно згідно з розкладом занять у школі.

Розглянемо принцип роботи автоматизованої системи керування

освітленням принципові схеми якої наведені на схемах 2.10 та 2.11.

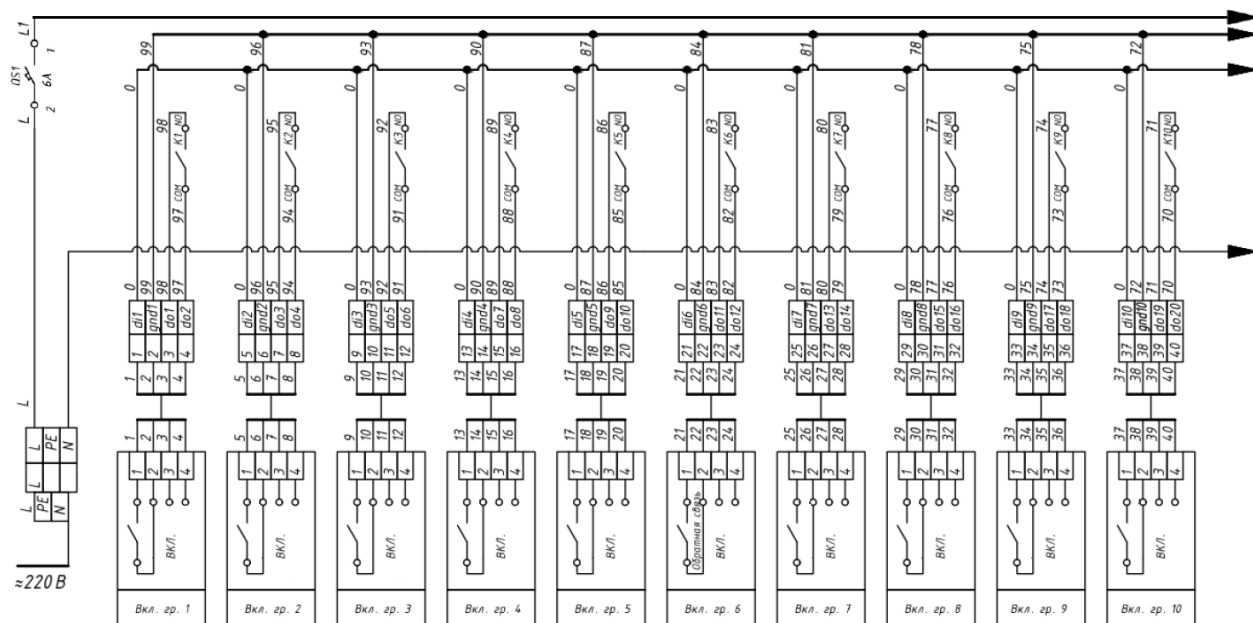


Рисунок 2.10 – Принципова схема щита автоматизації 1

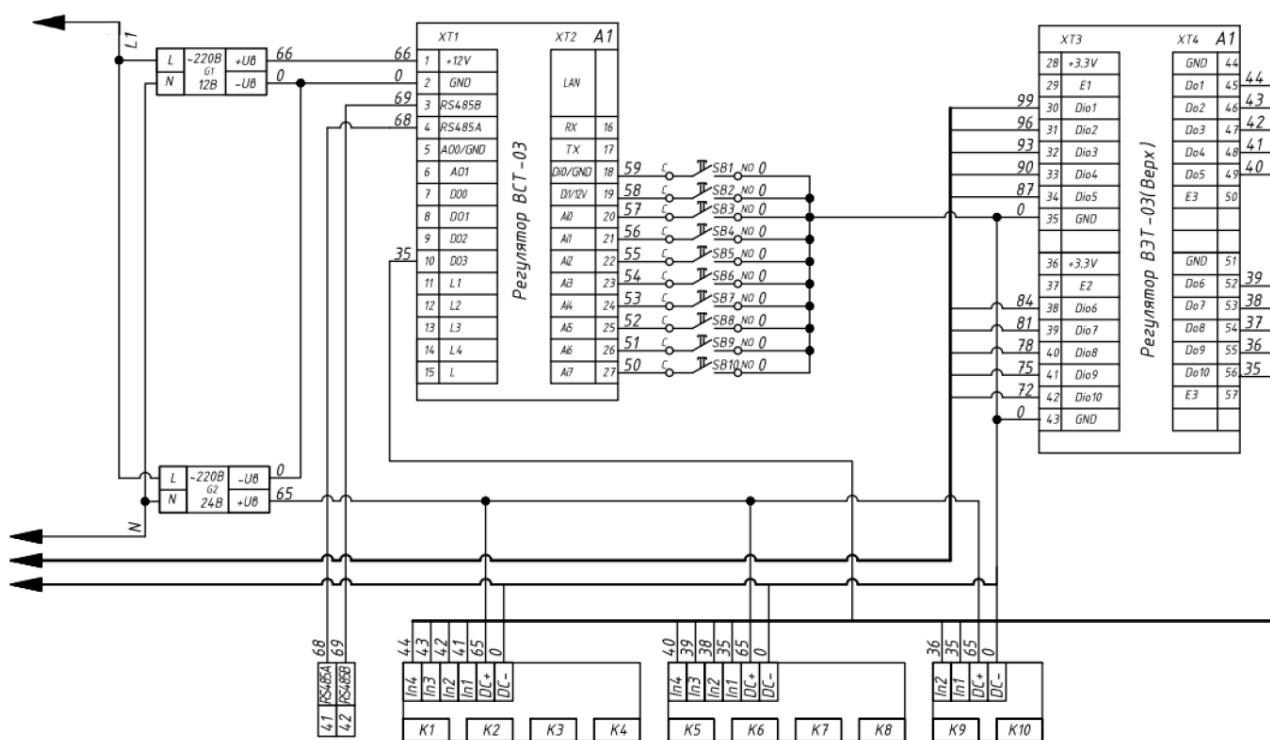


Рисунок 2.11 – Принципова схема щита автоматизації 2

Для дистанційного керування різними групами освітлення з сервера через локальну і глобальну мережі протоколу Modbus RTU відправляється контролеру

ВСТ-03 (або ВСТ-02) запит на запис необхідних регістрів, які в процесорі ПЛК пов'язані з певними дискретними виходами цього контролера причому кожен дискретний вихід контролера відноситься до типу «відкритий колектор» (контакти регулятора підвішені у повітрі) – рис. 2.12.

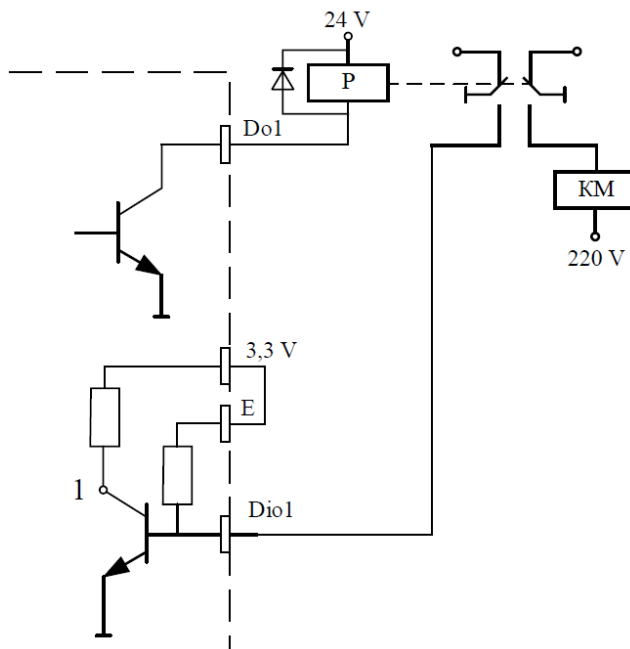


Рисунок 2.12 – Дискретний вихід «відкритий колектор»

Виходом з відкритим колектором називається елемент, у якого у вихідному колі застосовується транзистор, колектор якого не підключений до якоїсь ділянки електричного кола. Крім того, використовується дискретний вхід, що відноситься до типу «сухий контакт» (релейний контакт). Під «сухим контактом» розуміється контакт, який електрично пов'язані з колом контролюваного приладу.

Після подачі напруги на базу транзистора створюється шлях для протікання струму через база-емітерний перехід, транзистор відкривається і з колектора в емітер тече струм. Як проміжний елемент, що зв'язує низьковольтні виходи контролера та силове коло використовуємо реле Finder постійного струму з двома перекидними контактами (Кп рис. 2.10). Після відкриття транзистора коло замикається і струм, що проходить через витки котушки, створює магнітний потік, під дією якого якор притягується до осердя, при цьому

замикаючи нормально розімкнуті контакти перекидного реле (контакти "Kn" на рис. 2.10). При замиканні контакта "Kn" керуюча напруга подається на котушку модульного контактора КМ20-20М, який, у свою чергу, за допомогою головних контактів включає освітлювальне навантаження відповідної групи.

Крім того, необхідно забезпечити керування освітленням по місцю, з цією метою на дискретний вхід контролера, заводиться кнопка, що відповідає певній групі освітлення. За аналогією з дискретним входом «Зворотний зв'язок» – «за замовчуванням» транзистор відкритий, що відповідає логічному 0, при натисканні нефіксованої кнопки транзистор закривається, що визначається контролером як логічна 1 до тих пір, поки кнопка утримуватиметься в натиснутому стані.

Не менш важливим є те, що зміна стану роботи світильників можлива як при виконанні служби за розкладом, так і дистанційно з пульта керування, так і завдяки вимикачам по місцю, при цьому між даними керуючими джерелами сигналу, може виникнути конфлікт. Щоб уникнути цього, алгоритм роботи передбачає включення і виключення освітлення за останньою подією.

Для розуміння алгоритму роботи на рівні програмованої логіки (soft logic) розглянемо програму Arduino для керування контролерами школи. На рис 2.13 представлена конфігурація логіки користувача для 10 груп освітлення.

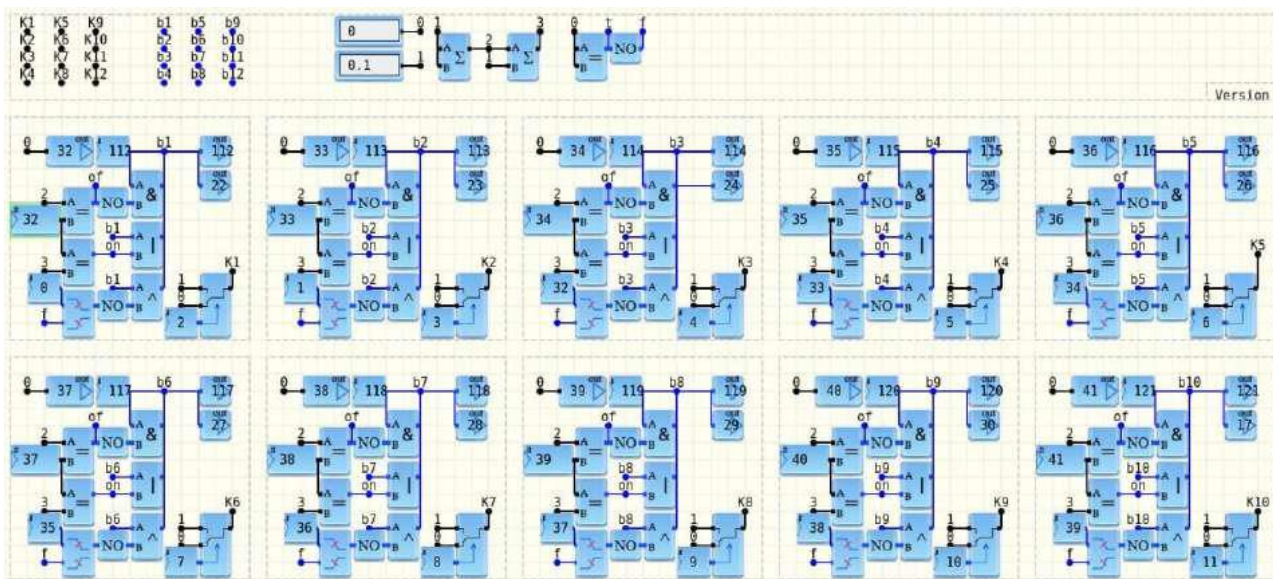


Рисунок 2.13 – Конфігурація програмованої логіки для контролерів

Розглянемо детальніше логіку, побудовану на логічних елементах (ЛЕ) та таблицю блоку №8 – рис. 2.14.

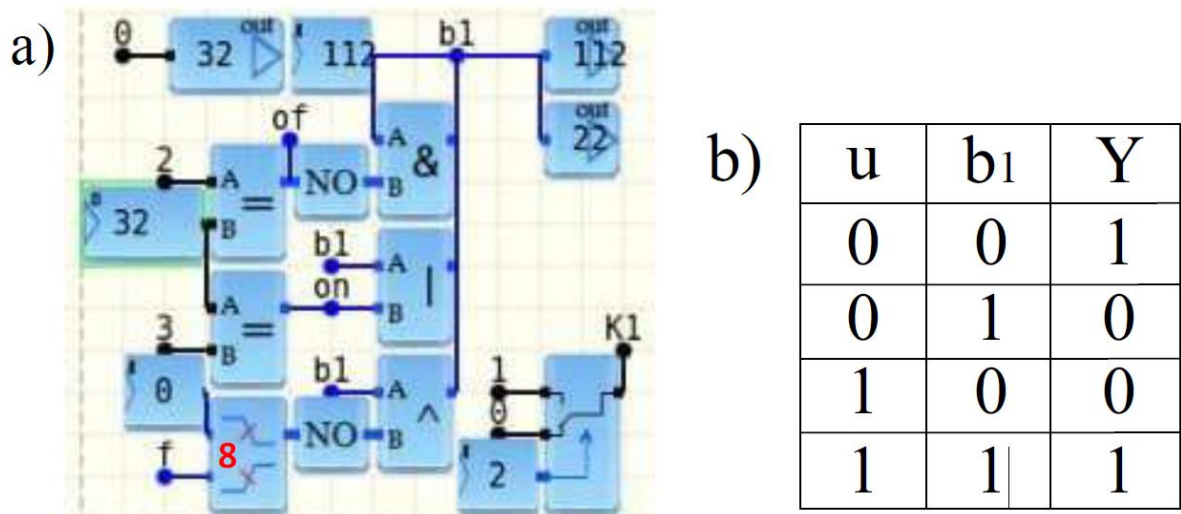


Рисунок 2.13 – Програмована логіка

- a) програмована логіка для однієї групи освітлення;
 b) таблиця вірності логічних елементів.

Спочатку варто відзначити, що букви голубого кольору представляють собою стани рішення - булеві змінні, тоді як чорні представляють результат - машинне слово (2 байти). Крім того, в ПЛК є регістри, при чому деякі з них відображаються на портах введення/виведення, а деякі належать до числа "користувацьких". Таким чином: регістр 22 - дискретний вихід ПЛК на включення групи освітлення, регістр 112 - користувацький, необхідний для збереження попереднього рішення, регістр 32 - команда з сервера (увімкнення/вимкнення груп відповідно до розкладу), регістр 0 - дискретний вхід ПЛК, на який надходить сигнал при натисканні кнопки на місці, регістр 2 - дискретний вхід ПЛК "зворотний зв'язок", що відображає стан перекидного реле. Зауважимо, що "b1" - булева змінна, яка відображає рішення щодо включення та вимкнення освітлення групи, а змінна "false" представляє собою логічну 1 (блок 8 реагує на зміну сигналу за фронтами).

При спрацьовуванні служби на включення групи освітлення за розкладом з сервера через глобальну та локальну мережі за протоколом Modbus RTU в

регістр 32 записується константа "3" ($\text{RIO}[32]=3$), при команді на вимкнення - "2" ($\text{RIO}[32]=2$). Якщо в регістр 32 записується число "3", то результатом блоку порівняння "3=3" є логічна 1, яка подається на вхід блоку "АБО", і залежно від попереднього вмісту змінної "b1" освітлення або вмикається, або залишається увімкненим. Аналогічно відбувається вимкнення освітлення за розкладом, за винятком того, що використовується константа "2" і блок "Г".

Для того, щоб блок "Г" або "АБО" протягом усього часу не встановлювали значення змінної "b1" рівним, відповідно, 0 або 1, використовується наступний алгоритм: змінна "of" дорівнює 0, якщо $\text{RIO}[32]=3$, і змінна "on" дорівнює 0 у випадку, якщо $\text{RIO}[32]=2$.

Зауважимо, що команда запису константи "0" в регістр 32 виконується одразу після прийняття константи "3" або "2" з сервера, проте блоки порівняння встигають прийняти та обробити отриманий сигнал.

Регістр 0, як зазначалося раніше, відповідає за зміну стану групи освітлення на місці. Цей регістр представляє собою або 0, або 1 відповідно до стану транзистора на відповідному дискретному вході ПЛК. При цьому, якщо кнопка не натиснута, то транзистор знаходиться у насиченому стані і в регістр "0" записано логічне 0, і навпаки - поки кнопка натиснута і утримується, то транзистор закритий, а в регістрі "0" записано логічне 1. Дані 0 або 1 подаються як перший сигнал на блок 8, який реагує на зміну цього сигналу за фронтами.

Наприклад, освітлення в коридорі вимкнено, оскільки йде час занять, проте в коридорі присутні люди і хочуть увімкнути світло. Очевидно, поки кнопка не натиснута, транзистор відкритий, і в регістрі "0" лежить булева змінна 0. При натисканні нефіксованої кнопки транзистор закривається і в регістр "0" записується логічна 1, і в момент переходу цифрового сигналу з 0 на 1 блок 8 фіксує зміну сигналу за фронтами і відправляє логічну 1 на елемент "ІСКЛ.АБО-НЕ". Оскільки освітлення було вимкнено, то на блок "АБО" подаються 2 змінні - 0 і 0, що призведе до запису логічної 1 в змінну "b1", і, отже, до включення освітлення.

Як зазначалося раніше, регістр 2 - це булева змінна, фізично представляє собою дискретний вхід ПЛК "зворотний зв'язок", і для того, щоб організувати зворотний зв'язок, достатньо було присвоїти відповідний порт введення реєстру 2 і відправляти його за протоколом Modbus на сервер. Однак, згідно рекомендацій, необхідно було перетворити дискретну бітову змінну в двобайтове число.

2.9 Висновки до розділу 2

1. На основі вихідних даних та вимог нормативних документів підібрано світлові прилади та запропоновано систему освітлення допоміжних приміщень де непередбачено виконання точних зорових робіт.

2. На базі необхідного значення світлового потоку вибрано LED-світильники PHILIPS RC091V та Hupfen HLR-24 з відповідними технічними характеристиками та у кількості, що забезпечить необхідне освітнє середовища.

3. На основі розміщення світильників сформовані групи освітлення, для яких здійснено розрахунок електричних навантажень, причому групі навантаження рівномірно розподілені по фазам електричної мережі.

4. Здійснено вибір апаратів для захисту електричних кабелів та запропоновано спосіб у навісних стелях.

5. Запропонована схема комплексу технічних засобів для автоматизації керуванням системи освітлення загальноосвітньої школи. Цей комплекс технічних засобів взаємодіє за допомогою інтерфейсів зв'язку Ethernet і RS-485 з використанням протоколу Modbus RTU.

6. Програмована логіка для контролерів виконує алгоритм керування автоматизованою системою освітленням. Це дозволяє змінювати стан груп світильників як віддалено через мережу з веб-браузера, так і за допомогою кнопок на місці та освітлювальних щитів. Зворотний зв'язок забезпечує візуальний контроль різних груп освітлення за допомогою схеми веб-мережі, включаючи оперативне прийняття рішень у випадку непередбачуваної ситуації.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Методи розрахунку систем освітлення

Дотримання вимог норм природного і комбінованого освітлення визначається розрахунком коефіцієнта природного освітлення (КПО) в приміщенні. Метод розрахунку відображає особливості бічного і верхнього природного освітлення, тобто ті чинники, які впливають на величину КПО.

При розрахунку КПО при боковому природному освітленні враховується пряме світло, що проходить через світловий отвір в розрахункову точку, світло, відбите від будівель, а також властивості прилеглих до світлового отвору поверхонь, як на рівні землі, так і прилеглих поверхонь (балконів, лоджій, терас і т.п.) це – зовнішні чинники. Крім того, враховується зниження зовнішнього світлового потоку за рахунок світло пропускання вікон, товщини і типу віконних рам, затінюючи властивостей балконів, лоджій і сонцезахисних пристроїв, а також внутрішньо відбитого з приміщення світла.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$e = (\varepsilon_H q + \varepsilon_{30} b_\phi K_{30}) r_o \tau_o 100 / K_3 (\%) \quad (3.1)$$

де b_ϕ – коефіцієнт який враховує яскравість фасаду будівлі;

K_{30} – коефіцієнт який враховує зміну відображеного світла всередину приміщення за рахунок впливу сусідніх будинків;

r_o – враховує відображене від внутрішніх поверхонь приміщення світло і від землі, балконів і т.п.;

τ_o – враховує світло пропускі властивості світлового отвору;

K_3 – враховує забруднення скла.

При розрахунку КПО для систем природного освітлення враховується пряме денне світло, внутрішнє відбите світло яке проходить через світловий отвір в розрахункову точку, а також ослаблення зовнішніх світлових потоків за рахунок світлопропускання через забруднення скла.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$e = \frac{(\varepsilon_H q + \varepsilon_{cp} (r_2 K_\phi - 1))}{\tau_o 100 / K_s}, (\%) \quad (3.2)$$

де r_2 – враховує відбите світло від внутрішніх поверхонь приміщення;

ε_{cp} – середнє значення геометричного КПО в точках характерного розрізу приміщення.

Всі коефіцієнти в формулах (3.1) і (3.2) визначаються по таблицях в ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Коефіцієнт q визначається відповідно до основної розрахункової похибки на пасмурне небо відповідно до рекомендації Міжнародної комісії по освітленню (МКО) і визначається формулою:

$$q = (1 + 2 \sin \theta) 3 / 7 \quad (3.3)$$

де θ – кут між горизонталлю і лінією, що з'єднує розрахункову точку і центр видимого через світловий отвір ділянку неба.

Коефіцієнти ε_n і ε_{30} називаються геометричними КПО. Вони показують, яку частину від проекції тілесного кута всього небозводу на горизонтальну площину складають проекції тілесних кутів від ділянки неба, видимого з розрахункової точки через світловий отвір, а також від ділянки сусідньої будівлі.

Розрахунок геометричних КПО традиційно проводиться по графіках А.М. Данилюка, що дозволяє при розрахунках користуватися основними будівельними кресленнями, і розрізами приміщень.

Ці графіки наведені в багатьох підручниках з будівельної фізики і по архітектурі цивільних і промислових споруд, а також в нормативних документах.

Графіки А.М. Данилюка є наближеним способом визначення геометричного КПО хоча і мають недолік такий, як визначення графічним методом, тобто залежать від точності побудови самих графіків і будівельних креслень, які на них накладаються. Крім того, ці графіки засновані на наближеному рішенні подвійного інтегралу тілесного кута світлового отвору. Тому їх застосування при розрахунках КПО від світлових отворів, що знаходяться під великими кутами до

горизонталі і вертикалі в розрахунковій точці приводить до великих похибок до 10 % в бік збільшення результатів.

Формулу для визначення геометричного КПО розробили класики світлотехніки Р.Мун і Д. Спенсер. Недоліком цієї формули є її складність і похибки при використанні будівельних креслень, при визначенні розрахункових параметрів. Точна розрахункова формула, в якій як початкові параметри застосовуються дані будівельних креслень (ті ж, що і при використанні графіків А.М. Данилюка).

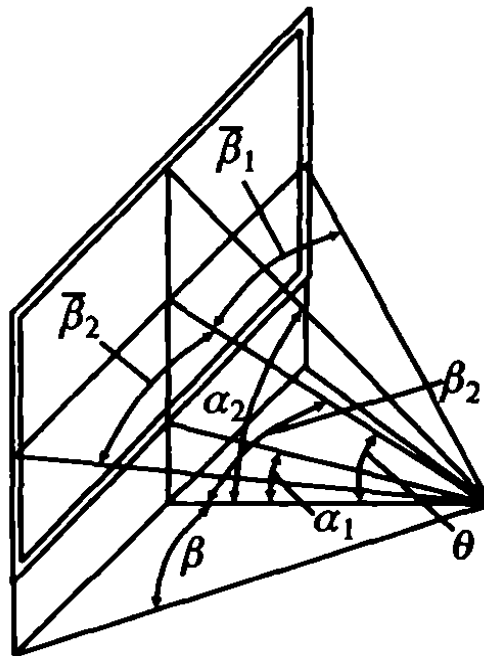


Рисунок 3.1 – Схема для розрахунку геометричного КПО

Її перевагою є те, що вона враховує будь-який розподіл яскравості «конхоїдального» небозводу, тобто коли яскравість неба підкоряється рівнянню конхоїди:

$$L_0 = L_1(A + B \sin \theta) \quad (3.4)$$

Формула має вигляд:

$$e = \frac{3 \cdot 100}{3,14(3A + 2B)} \left\{ \begin{array}{l} \frac{A}{2} \cos \alpha_2 |\arctg(\cos \alpha_2 \operatorname{tg} \beta_1) - \arctg(\cos \alpha_2 \operatorname{tg} \beta_2)| + \\ + \frac{A}{2} \cos \alpha_1 |\arctg(\cos \alpha_2 \operatorname{tg} \beta_2) - \arctg(\cos \alpha_1 \operatorname{tg} \beta_1)| + \\ + \frac{B}{3} \left[\cos^2 \alpha_2 \left(\frac{\sin \beta_1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \alpha_2 + \cos^2 \beta_1}} \right) - \frac{\sin \beta_2}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \alpha_2 + \cos^2 \beta_2}} \right] + \\ + \cos^2 \alpha_1 \left(\frac{\sin \beta_2}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \alpha_1 + \cos^2 \beta_2}} \right) - \frac{\sin \beta_1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \alpha_1 + \cos^2 \beta_1}} \right] + \\ + \frac{B}{3} \left| \arcsin(\sin \alpha_2 \sin \beta_2) + \arcsin(\sin \alpha_1 \sin \beta_1) \right| \\ - \arcsin(\sin \alpha_2 \sin \beta_1) - \arcsin(\sin \alpha_1 \sin \beta_2) \left| \right. \end{array} \right\} \quad (3.27)$$

Для умов пасмурного неба МКО $A = 1/3$, $B = 2/3$. При ясному небі, тобто для розрахунку геометричного КПО $A=1$ і $B = 0$.

Коефіцієнт природної освітленості КПО при комбінованому освітленні e_p^k визначається як сума КПО при боковому e_p^δ і верхньому e_p^ε освітленні:

$$e_p^k = e_p^\delta + e_p^\varepsilon \quad (3.5)$$

Комбіноване освітлення – це освітлення з допомогою бокових світлових отворів в стінах (вікна) і світлових отворів на даху будівлі (світлові отвори, ліхтарі, колодязі фасадні вікна).

Якщо приміщення освітлює лише фасадними вікнами, то КПО визначають за формулою:

$$e_p^\delta = (K_{np} + K_{відб.}) \cdot K_{внутр.} \cdot \tau_o / K_3 \quad (3.6)$$

де K_{np} - частка природної освітленості від прямого сонячного світла;

$K_{відб.}$ - частка світла відбитого від сусіднього будинку;

$K_{внутр.}$ - частка світла відбитого внутрішніми поверхнями приміщення, яка залежить від матеріалу і кольору поверхонь підлоги, стін і стелі;

τ_o - загальний коефіцієнт світлопропускання, що враховує особливості світлових отворів приміщення;

K_3 - коефіцієнт запасу.

Вплив прямого сонячного світла на освітленість приміщення оцінюється виразом:

$$K_{np} = \varepsilon_{\bar{\sigma}} \cdot q \cdot \beta_a \quad (3.7)$$

Коефіцієнт природної освітленості приміщення світлом, відбитим від будівлі визначається виразом:

$$K_{відб.} = \varepsilon_{\bar{\sigma}} \cdot b_{\phi} \cdot \gamma_a \cdot \kappa_{\bar{\sigma}} \quad (3.8)$$

Вплив на освітленість приміщення внутрішніх поверхонь враховується емпіричним коефіцієнтом r_1 :

$$K_{внутр.} = r_1 \quad (3.9)$$

Геометричні коефіцієнти природної освітленості $\varepsilon_{\bar{\sigma}}$ і ε_{σ} визначаються по графіках А. М. Данилюка.

Геометричні коефіцієнти природної освітленості при боковому освітленні рівні:

– від прямого сонячного світла:

$$\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2$$

– від відбитого від будівлі світла:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,01 \cdot n_1^1 \cdot n_2^1$$

Відносна яскравість фасаду сусідньої будівлі b_{ϕ} залежить від кольору і форми фасаду (коефіцієнт відбивання фасаду ρ_{ϕ}), від матеріалу поверхні (коефіцієнт відбивання поверхні ρ_{nn}), довжини будівлі l_{nz} , розташування будинків P .

Коефіцієнт $K_{\bar{\sigma}}$ враховує відбиваючу складову відбиваючих поверхонь будинку при наявності сусіднього будинку. Попередньо потрібно визначити середній коефіцієнт відбивання внутрішніх поверхонь приміщення ρ_{cp} :

$$\rho_{cp} = \rho_c S_c + \rho_{cm} S_{cm} + \rho_n S_n \quad (3.10)$$

$\rho_c, \rho_{cm}, \rho_n$ - коефіцієнти відбивання стін, стелі та підлоги;

S_c, S_{cm}, S_n - площа стін, стелі та підлоги;

стелі, підлоги, стенів;

Площу стін визначають з врахуванням площі віконних отворів за формулою:

$$S_{ст} = S_{всіх стін} - S_{вікна} \quad (3.11)$$

Індекси КПО сусідньої будівлі визначаються для кожної розрахункової точки за формулою:

$$\begin{aligned} Z_1 &= l_{нз} \cdot l_{рм} / (P + l_{рм}) \cdot a, \\ Z_2 &= H l_{рм} / (P + l_{рм}) \cdot h_1 \end{aligned} \quad (3.12)$$

де $l_{рм}$ - відстань від розрахункової точки до зовнішньої стіни будівлі, в якій розташований даний віконний отвір.

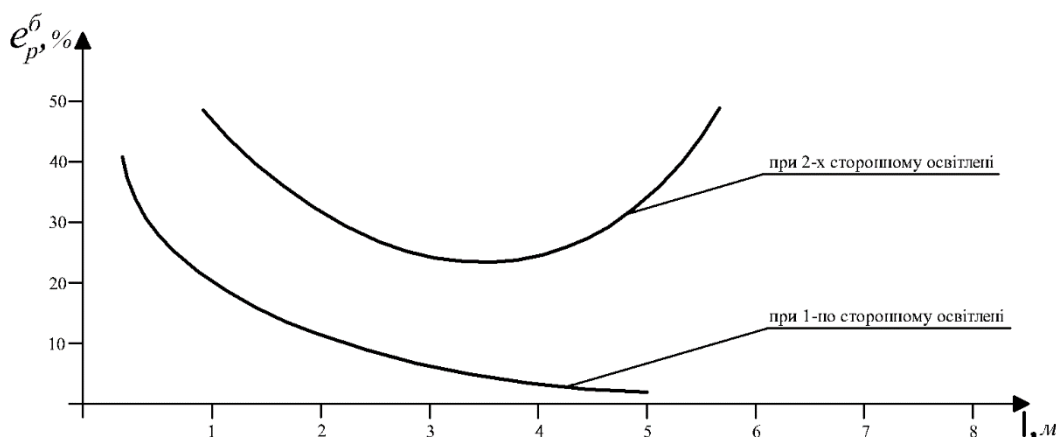


Рисунок 3.2 – Графік КПО при боковому освітленні

Якщо для освітлення приміщення передбачені світлові отвори на даху для верхнього освітлення, розрахунковий коефіцієнт природної освітленості e_p визначається за формулою:

$$e_p^e = \left(E^e + E_{cp} (K_\phi \cdot r_2 - 1) \right) \cdot r_0 / K_3 \quad (3.13)$$

де E^e - геометричний КПО для верхнього освітлення, він визначається:

$$E^e = 0,01 \cdot n_3 \cdot n_2 \quad (3.14)$$

де n_3 - кількість променів, яка визначається по графіку А.М. Данилюка з врахуванням висоти отвору ліхтаря.

Якщо ліхтар має двостороннє освітлення, то кількість променів n_3 визначається як сума:

$$n_3 = n_{31} + n_{32} \quad (3.15)$$

Якщо ліхтар точковий, то кількість променів U_2 дорівнює сумі:

$$\begin{aligned} U_{21} &= U_{212} + U_{211} + \dots + U_{21n} \\ U_{22} &= U_{222} + U_{221} + \dots + U_{22n} \\ U_2 &= U_{21} + U_{22} \end{aligned} \quad (3.16)$$

де U_{21} і U_{22} - кількість променів, які визначаються по графіку А.М. Данилюка для сторін світлових отворів;

K - кількість точкових ліхтарів, для освітлення приміщення.

В тому випадку, якщо для освітлення приміщення застосовуються як бокові світлові отвори (вікна), так і верхні світлові отвори (ліхтарі), розрахунковий коефіцієнт e_p^k природної освітленості визначається за формулою:

$$e_p^k = e_p^{\delta} + e_p^{\varepsilon} \quad (3.17)$$

де e_p^{δ} - розрахунковий КПО при боковому освітленні;

e_p^{ε} - розрахунковий КПО при верхньому освітленні.

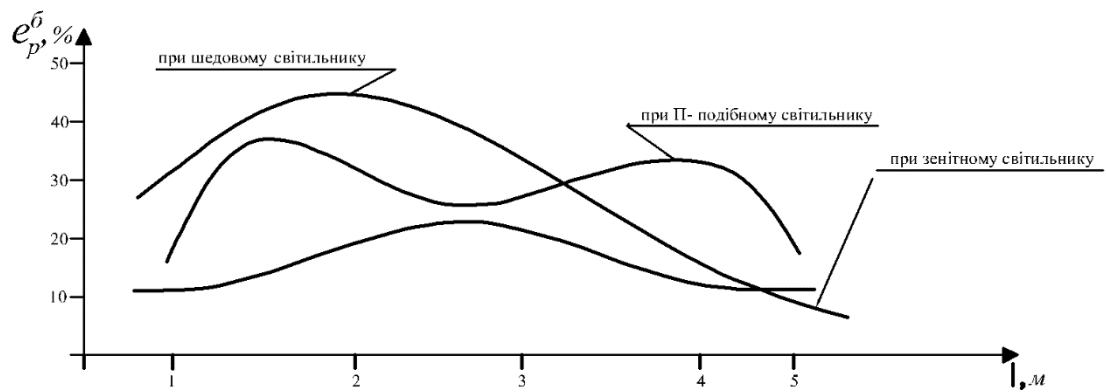


Рисунок 3.3 – Графік КПО для різних типів світильників верхнього природного світла

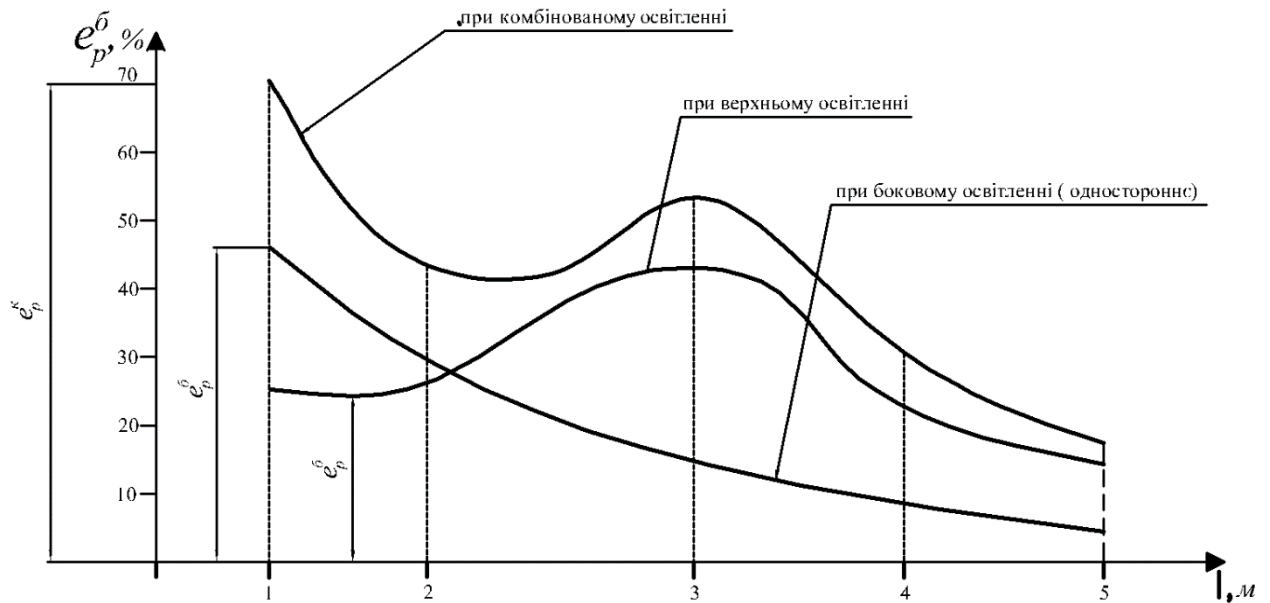


Рисунок 3.4 – Графік КПО при комбінованому природному освітленні

3.2 Розрахунок електричних мереж системи освітлення

Написи на лінії мережі:

$$\frac{a-b-v-g}{d-e-j-u}$$

а – маркування лінії, або номер лінії;

б – розрахункове навантаження, кВт;

в – коефіцієнт потужності;

г – розрахунковий струм, А;

д – довжина лінії;

е – марка провідника.

З таблиць приймаємо марку ПГВ, який використовують для нерухомої прокладки в сухих і вологих приміщеннях, коли необхідна гнучкість.

ж – поперечний переріз провідника, мм²

Поперечний переріз провідника визначається на основі мінімально допустимої напруги на джерела світла.

$$U_{\min} = 0,975 \cdot U_{\text{ном}} = 0,975 \cdot 220 = 214,5 \text{ В.} \quad (3.18)$$

Максимально допустима напруга на джерелі світла визначається за наступною формулою:

$$U_{\max} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}} = 1,05 \cdot 220 = 230 \text{ В.} \quad (3.19)$$

Розрахунковий струм визначається за формулою:

$$I_p = \frac{P_{\text{заг}}}{3U_{\text{ном}}} \quad (3.20)$$

де $P_{\text{заг}}$ - загальна потужність ламп, Вт

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга, В

Для ЛЛ:

$$I_p = \frac{1600}{3 \cdot 220} = 2,42 \text{ А} \quad (3.21)$$

Для світлодіодів:

$$I_p = \frac{288}{3 \cdot 220} = 0,44 \text{ А} \quad (3.22)$$

Обчислення моментів для освітлювальних ліній з ЛЛ:

$$M_{\Sigma} = M_1 + M_2 + \alpha \cdot (n_p \cdot M_3), \quad (3.23)$$

$$M_1 = N \cdot P_i \cdot L_1, \quad (3.24)$$

де N – кількість ламп розжарення;

P_i – потужність лампи, кВт;

L_1 – довжина лінії від трансформаторної станції до щитка (РП), м.

$$M_1 = 8 \cdot 0,2 \cdot 50 = 80 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

$$M_2 = N_p \cdot P_i \cdot L_2, \quad (3.25)$$

де L_2 – довжина лінії від щитка до рядів ламп;

N_p – кількість лампочок в одному ряді.

$$M_2 = 4 \cdot 0,2 \cdot 1,25 + 4 \cdot 0,2 \cdot 3,75 = 4 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

$$M_2 = N_p \cdot P_i \cdot L_2, \quad (3.26)$$

де L_3 – довжина ряду.

$$M_3 = 4 \cdot 0,2 \cdot 8 = 6,4 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Згідно формули визначаємо M_{Σ} для ламп розжарення:

$$M_{\Sigma} = 80 + 4 + 1,83 \cdot (2 \cdot 6,4) = 107,42 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

При $\Delta U_{\delta} = 2,5\%$, $M_{\Sigma} = 107,42 \text{ кВт} \cdot \text{м}$

З довідкової літератури знаходимо поперечний переріз провідника кабеля, який прокладений з ТПС до щитка $q_1 = 8 \text{ мм}^2$.

При $q_1 = 8 \text{ мм}^2$ і $M_1 = 80 \text{ кВт} \cdot \text{м}$, визначаємо $\Delta U_{\delta} = 1,1\%$.

Спад напруги від щитка до лінії складає: $\Delta U_{\delta} = 2,5 - 1,6 = 0,9\%$.

За сумою моментів M_2 і M_3 та $\Delta U_{\delta} = 0,9\%$ знаходимо поперечний переріз провідника від щитка до лінії: $M_2 + M_3 = 4 + 23,42 = 27,43 \text{ кВт} \cdot \text{м}$. Тоді $q_2 = 8 \text{ мм}^2$.

Визначаємо спад напруги на ділянці між щитком та рядами ламп за $M_2 = 4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ та $q = 8 \text{ мм}^2$, $\Delta U_{\delta} = 0,6\%$.

При $M_3 = 6,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$, $\Delta U_{\delta} = 0,9 - 0,6 = 0,3\%$.

З таблиці знаходимо поперечний переріз провідника: $q_3 = 8 \text{ мм}^2$.

Далі:

$$q = \frac{P_{\text{заг}} \cdot L_1}{c \cdot \Delta U_{\delta}} \quad (3.27)$$

Для мережі з алюмінієвим провідником $c = 44$

$$q_1 = \frac{P_{\text{заг}} \cdot L_1}{c \cdot \Delta U_{\delta}} = \frac{800}{44 \cdot 1,6} = 12,89 \text{ мм}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{\text{заг}} \cdot L_2}{c \cdot \Delta U_{\delta}} = \frac{40}{44 \cdot 0,9} = 1,6 \text{ мм}^2$$

$$q_3 = \frac{P_{\text{заг}} \cdot L_3}{c \cdot \Delta U_{\delta}} = \frac{234}{7,4 \cdot 0,3} = 29 \text{ мм}^2$$

Для мережі з алюмінієвим провідником $c = 7,4$:

$$I_p = \frac{100P}{3U_{\phi} \cdot \cos \phi} = 1,5 \frac{P}{\cos \phi} = 1,5 \frac{1,6}{1} = 2,4 \text{ А} \quad (3.28)$$

Знаходимо переріз провідника: $q = 1,5 \text{ мм}^2$.

Вибираємо $q = 8 \text{ мм}^2$ за попередніми розрахунками. Для цього провідника

$$I_p = 45, I_a = 40 \text{ A.} \quad (3.29)$$

Для однофазної мережі:

$$I_p = \frac{100P}{U_\phi \cdot \cos \phi} = 4,5 \frac{P}{\cos \phi} = 4,5 \frac{0,288}{1} = 1,3 \text{ A} \quad (3.30)$$

Згідно довідкових даних $q = 1 \text{ мм}^2$, $I_{ca} = 20 \text{ A}$, $I_a = 20 \text{ A}$. За попереднім розрахунком беремо $q = 8 \text{ мм}^2$.

Обчислення моментів для освітлювальних ліній з світлодіодами

Розраховуємо загальний момент навантаження для освітлюваної лінії ЛЛ

$$M_\Sigma = P_{заг} \cdot L_1 + P_{заг} \cdot L_2 + \alpha \cdot P \cdot l = 0,288 \cdot 50 + (0,144 \cdot 1,25 + 0,144 \cdot 3,75) + 1,83 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,036 = \\ = 14,4 + 2,16 + 9,84 = 26,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\text{При } \Delta U_\delta = 2,5\%, \quad M_{заг} = 26,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

З таблиці знаходимо поперечний переріз провідника: $q_1 = 2,5 \text{ мм}^2$

При $q_1 = 2,5 \text{ мм}^2$ і $M_1 = 14,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$, визначаємо $\Delta U_\delta = 1,5\%$.

Спад напруги від щитка до лінії складас: $\Delta U_\delta = 2,5 - 1,6 = 0,9\%$.

За сумою моментів M_2 і M_3 та $\Delta U_\delta = 0,9\%$ знаходимо поперечний переріз провідника від щитка до лінії: $M_2 + M_3 = 2,16 + 9,84 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{м}$. Тоді $q_2 = 2,5 \text{ мм}^2$.

Визначаємо спад напруги на ділянці між щитком та рядами ламп за $M_2 = 2,16 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ та $q_2 = 2,5 \text{ мм}^2$, $\Delta U_\delta = 0,6\%$.

При $M_3 = 9,84 \text{ кВт} \cdot \text{м}$, $\Delta U_\delta = 0,9 - 0,6 = 0,3\%$.

З таблиці знаходимо поперечний переріз провідника: $q = 1 \text{ мм}^2$.

Знайдемо:

$$q = \frac{P_{заг} \cdot L_1}{c \cdot \Delta U_\delta}$$

$$q = \frac{P_{заг} \cdot L_1}{c \cdot \Delta U_\delta} = \frac{14,4}{44 \cdot 1,6} = 0,2 \text{ мм}^2$$

$$q = \frac{P_{заг} \cdot L_2}{c \cdot \Delta U_\delta} = \frac{2,16}{44 \cdot 0,9} = 0,1 \text{ мм}^2$$

$$q = \frac{P_{заг} \cdot L_3}{c \cdot \Delta U_\delta} = \frac{9,84}{44 \cdot 0,3} = 0,7 \text{ мм}^2$$

Для мережі:

$$I_p = \frac{100P}{3U_\phi \cdot \cos \varphi} = 1,5 \frac{P}{\cos \varphi} = 1,5 \frac{0,288}{0,9} = 0,48 \text{ A}$$

Знайдемо: $q_1 = 2,5 \text{ мм}^2$.

Вибираємо $q_1 = 2,5 \text{ мм}^2$ за попередніми розрахунками. Для цього провідника

$$I_{\text{вa}} = 15 \text{ A}, I_a = 20 \text{ A}$$

Для однофазної мережі

$$I_p = \frac{100P}{U_\phi \cdot \cos \varphi} = 4,5 \frac{P}{\cos \varphi} = 4,5 \frac{0,76}{0,9} = 3,8 \text{ A}$$

Згідно довідкових даних $q = 2,5 \text{ мм}^2$, що відповідає попереднім розрахункам.

$$I_{\text{вa}} = 15 \text{ A}, I_a = 20 \text{ A}.$$

3.3 Висновки до розділу 3

1. Здійснено розрахунок освітлення з допомогою методу коефіцієнта природного освітлення.
2. Представлено графіки для різних типів світильників при боковому і верхньому освітленні.
3. Проведено розрахунок електричних мереж системи освітлення .

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи щодо охорони праці в умовах комбінованого освітлення приміщень

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природнього освітлення (КПО)

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники.

На робочих місцях встановлюються світильники місцевого освітлення ($e = 2\%$). В місцях де постійно працюють робітники застосовують люмінесцентні Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у

верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення,

яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Таблиця 4.1 – Нормування освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розрізнення, мм	Розділ зорової роботи	Підрозділ роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	а	малий
Характеристика фону	Освітленість, лк		КЕО E_H %	
	Штучне освітлення		Природне освітлення	Сумісне освітлення
	Комбіноване	Загальне		
малий	750	300	2	1

Щоб зменшити ефект пульсації світлового потоку, сусідні світильники включають на різні фази мережі. Освітлення сучасних електромеханічних та ремонтно-механічних цехів реалізують за допомогою прожекторів із галогеновими лампами. Освітленість робочих місць при застосуванні ламп розжарювання повинна бути не менше 10 лк. Черговий та оперативний персонал повинен бути забезпечений додатковими акумуляторними ліхтарями.

4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації ЕУ здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації ЕУ споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації ЕУ споживачів. Обслуговування діючих ЕУ, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються

спеціально підготовленим електротехнічним персоналом.

Роботи в діючих ЕУ з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувани: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в ЕУ, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга. До робіт, виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах.

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше встановленої і не вимагається вживання технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню. При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться:

- ⌘ оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації;
- ⌘ допуск до роботи;
- ⌘ нагляд під час роботи;
- ⌘ оформлення перерви під час роботи;
- ⌘ переводи на інше робоче місце.

4.3 Пожежна небезпека

У всіх випадках для горіння характерні три стадії: виникнення, поширення та згасання полум'я. Найбільш загальними властивостями горіння є здатність осередку полум'я пересуватися по всій горючій суміші шляхом

передачі тепла або дифузії активних частинок із зони горіння в свіжу суміш. Звідси виникає й механізм поширення полум'я, відповідно тепловий та дифузійний. Горіння, як правило, проходить за комбінованим теплодифузійним механізмом.

В залежності від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі, за ГОСТ 27331-87 «Пожарная техника. Классификация пожаров», поділяються на відповідні класи та підкласи:

клас А - горіння твердих речовин, що супроводжується (підклас А1) або не супроводжується (підклас А2) тлінням;

клас В - горіння рідких речовин, що не розчиняються (підклас В2) у воді;

клас С - горіння газів;

клас Д - горіння металів легких, за винятком лужних (підклас Д1);

лужних (підклас Д2), а також металовмісних сполук (підклас Д3);

клас Е - горіння електроустановок під напругою.

Для виникнення горіння необхідна одночасна наявність трьох чинників - горючої речовини, окислювача та джерела запалювання. При цьому, горюча речовина та окисник повинні знаходитися в необхідному співвідношенні один до одного і утворювати таким чином горючу суміш, а джерело запалювання повинно мати певну енергію та температуру, достатню для початку реакції. Горючу суміш визначають терміном «горюче середовище». Це - середовище, що здатне самостійно горіти після видалення джерела запалювання. Для повного згоряння необхідна присутність достатньої кількості кисню, щоб забезпечити повне перетворення речовини в його насичені оксиди. При недостатній кількості повітря окислюється тільки частина горючої речовини. Залишок розкладається з виділенням великої кількості диму. В цих умовах також утворюються токсичні речовини, серед яких найбільш розповсюджений продукт неповного згоряння - оксид вуглецю (СО), який може призвести до отруєння людей. На пожежах, як правило, горіння відбувається за браком окисника, що серйозно ускладнює пожежегасіння внаслідок погіршення видимості або наявності токсичних речовин у повітряному середовищі. Горіння може бути гомогенним та гетерогенним.

При гомогенному горінні речовини, що вступають в реакцію окиснення, мають однаковий агрегатний стан - газо- чи пароподібний.

Якщо початкові речовини знаходяться в різних агрегатних станах і наявна межа поділу фаз в горючій системі, то таке горіння називається гетерогенним.

Як уже зазначалось, відповідно до ГОСТ 12.1.004 - 91 «Пожарная безопасность» вибухопожежна безпека об'єкта забезпечується системами:

- попередження вибухів і пожеж;
- протипожежного та противибухового захисту;
- організаційно-технічних заходів.

Система попередження вибухів і пожеж має за мету не допустити виникнення вибухів і пожеж.

Заходи і засоби попередження утворення горючого середовища в кожному конкретному випадку визначаються реальними умовами, що розглядаються, вибухопожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що використовуються у технологічному циклі.

Попередження утворення горючого середовища може забезпечуватись загальними заходами або їх комбінаціями, що наведені в ГОСТ 12.1.007 – 76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, що використовуються, на негорючі та важкогорючі.

Тому попередження виникнення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання є головним стратегічним пріоритетом у роботі щодо запобігання пожежам. Джерелом запалювання може бути нагріте тіло чи екзотермічний процес, які здатні нагріти деякий об'єм горючої суміші до температури, коли швидкість тепловиділення ініційованого нагрівом процесу окиснення перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. У проведеному літературному розділі здійснено огляд систем освітлення в загальноосвітніх закладах, на основі якого запропоновано методи підвищення енергоефективності таких систем освітлення.

2. У другому розділі кваліфікаційної роботи був обраний тип джерел світла, надаючи перевагу світлодіодним світильникам, які мають найбільшу світлову віддачу, тривалий термін служби і мінімальне споживання електроенергії. Для забезпечення необхідного світлового середовища в комунікаційних приміщеннях, де не потрібне виконання точних зорових робіт, була застосована система загального рівномірного освітлення.

3. На основі схем розташування світильників були сформовані групи освітлення, для яких було розраховано електричні навантаження, при цьому групові навантаження були рівномірно розподілені по фазам живлення мережі.

4. Здійснено вибір апаратів для захисту електричних кабелів та запропоновано спосіб у навісних стелях.

5. Було запропоновано комплекс технічних засобів для автоматизації керування системою освітлення загальноосвітньої школи у м. Зборові. Цей комплекс технічних засобів взаємодіє за допомогою інтерфейсів зв'язку Ethernet і RS-485 з використанням протоколу Modbus RTU.

6. Програмована логіка для контролерів виконує алгоритм керування автоматизованою системою освітленням. Це дозволяє змінювати стан груп світильників як віддалено через мережу з веб-браузера, так і за допомогою кнопок на місці та освітлювальних щитів. Зворотний зв'язок забезпечує візуальний контроль різних груп освітлення за допомогою схеми веб-мережі, включаючи оперативне прийняття рішень у випадку непередбачуваної ситуації.

7. Також було показано, що реалізація енергозберігаючого режиму освітлення на основі автоматичного керування робочим і аварійним освітленням для середньої загальноосвітньої школи в м. Зборові забезпечить щорічну економію в розмірі 61 438 грн (47,8%), порівняно зі звичайним режимом роботи системи освітлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тарасенко М. Dependences of relative and absolute glazed area from configuration and common areas of window embrasure / М. Тарасенко, В. Бурмака, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2018. – №1 (89). – С. 122-131.
2. Тарасенко М. Шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів у побуті / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.
3. Тарасенко М. Економічна ефективність багатотарифного обліку електроенергії в Україні / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2017. – №1. – С. 23-33.
4. Тарасенко М. Ways to save fuel and energy resources in daily graft / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.
5. Тарасенко М. Гранично можливі світлові віддачі джерел світла / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2016. – №3. – С. 8-13.
6. Burmaka V. Definition of a composite index of glazing rooms / Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – 4 (10-94), pp. 22-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.1410187.
7. А. С. Литвиненко, О. Ю. Полищук, Л. Г. Баландаева, Л. Д. Гуракова, «Источник света для световых приборов», Світлотехніка та електроенергетика, No 4, с. 24-26, 2009.
8. Л. А. Назаренко, Д. П. Зубков, С. А. Рева, «Методи вимірювання сили світла та світлового потоку світлодіодів». Український метрологічний журнал, No3, с.29-33, 2010.
9. Светодиоды и их применение для освещения. Под общей редакцией ак. АЭН РФ Ю. Б. Айзенберга, М.: Знак, 2012.

10. А. І. Колесник, Л. А. Назаренко, «Особливості розрахунку тепловідводу для світлодіодних вуличних світильників» на X Міжнародній науково-технічній конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 2016, с. 116.

11. В. М. Сорокін, В. П. Копнін, А. Ф. Серий, О. М. Климчук, І. В. Пігольчук, «Ще раз про нюанси теплового опору в контексті світлодіодного освітлення», Світлотехніка та електроенергетика, № 1, с. 3-10, 2017.

12. В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась, Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування: навч. посібник, Харків, Україна: ХНАМГ, 2010.

13. А. І. Колесник, Л. А. Назаренко, «Методики та результати експериментальних досліджень відводу тепла від світлодіодного приладу» на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми світлотехніки», Харків, 2017, с. 71-72.

14. В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась, Математичне моделювання у світлотехніці: навч. посібник, Харків, Україна: ХНАМГ, 2008.

15. А. І. Колесник, Д. О. Усіченко, «Дослідження теплових режимів та спектральних характеристик зразків світлодіодного світильника» на XI Міжнародній науково-технічній конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 2018, с. 125-126.

16. І. М. Трунова, Л. Ю. Володка, Т. Л. Наседкіна, «Вдосконалення методики енергетичного аудиту системи освітлення», Вісник ХДТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, Вип.130, с. 33–35, 2012.

17. А. Колесник, Д. Усіченко, «Результати дослідження розподілу температурних полів світильника» на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», Тернопіль-Яремче, 2018. с. 38.

ДОДАТОК А**ПЛАНИ ПОВЕРХІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ М. ЗБОРОВА**

