Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра електричної інженерії

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «**РОЗРОБКА ПРОЕКТУ АРХІТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЧАСТИНИ ВУЛИЦІ КАРДИНАЛА СЛІПОГО**»

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕмз-61,
спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Цубера Павло Михайлович

(прізвище та ініціали)

Керівник *Чубатий Ю.О.*

(прізвище та ініціали)

Консультант *Андрійчук В.А.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль *Коваль В.П.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент *Савків В.Б.*

(прізвище та ініціали)

Тернопіль – 2019 рік

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2019.

Стор. - 103; рис. - 28; табл. - 20; плакатів - 10; джерел – 29.

У дипломній роботі приведено результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, яке полягає в обґрунтуванні вибору, розробці проекту та аналізі роботи системи архітектурно-ландшафтного освітлення однієї з вулиць м. Тернополя з метою підвищення її експлуатаційних показників.

Ключові слова: сила світла, світлодіодний світильник, освітлювальна установка, освітленість, метод використання світлового потоку.

ANNOTATION

In the diploma paper the results of theoretical researches for solving the scientific and technical task, which consists in substantiating the choice, development of the project and analysis of the work of the system of architectural and landscape lighting of one of the streets of Ternopil in order to increase its operational performance.

Key words: light power, LED light, lighting installation, illumination, method of using light flux.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 12

1.1 Роль освітлення в життєдіяльності людини 12

1.2 Варіанти встановлення світлотехнічного устаткування 15

1.3 Світлодіодне підсвічування в архітектурі 20

1.4 Автоматичні системи управління зовнішнім освітленням 22

1.5 Висновки до розділу 31

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА 32

2.1 Аналіз загальних положень по освітленню вулиць та автомобільних доріг 32

2.2 Дослідження та аналіз світлотехнічних характеристик джерел світла 37

2.3 Висновки до розділу 45

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 46

3.1 Розрахунок електричної частини установки вуличного освітлення 46

3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення дорожнього покриття вулиць та тротуарів 48

3.3 Технологічні особливості вибору видів проводів і способів їх прокладання 55

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 61

4.1 Вибір джерел світла по конструкційним та технічним параметрам для проектування вуличного освітлення 61

4.2 Розрахунок площі поперечного перерізу проводів мережі живлення системи підсвічування фасаду будівлі 62

4.3 Висновки до розділів 3, 4 69

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 70

5.1 Вибір комутаційної і захисної апаратури 70
5.2 Перевірка вибраної площі перерізу проводів за умовами нагріву і механічної стійкості 73

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ 77
6.1 Розрахунок затрат на виготовлення установки підсвічування 78
6.2 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації установки підсвічування 85

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 86
7.1 Охорона праці 86
7.1.1 Захист електроустановок від короткого замикання, перевантажень 86
7.1.2 Протипожежні вимоги до освітлення 88
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях 89
7.2.1 Радіаційний та хімічний захист 89
7.2.2 Інформація та оповіщення. Поведінка населення при загрозі надзвичайної ситуації 90
7.2.3 Протирадіаційне укриття 92

8 ЕКОЛОГІЯ 95
8.1 Екологічні проблеми в електротехнічній і світлотехнічній галузях 95
8.2 Електромагнітне забруднення навколишнього середовища та його вплив на організм людини 96

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ 99

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 101

ВСТУП

На сьогоднішній час при проектуванні зовнішнього архітектурного освітлення традиційний світлотехнічний розрахунок, що полягає в розрахунку розподілу освітленості або яскравості по освітлюваній поверхні, перестає відігравати основну роль, а на перший план виступає задача комп'ютерного візуального моделювання самого об'єкта і його освітлення.

Використання світлотехнічних прийомів покликано не спотворювати, а підкреслювати архітектурні особливості будинку, сформувати його нічний силует, виділити на тлі навколишнього середовища. Після попереднього підбору і розміщення світильників та аналізу розрахункових рівнів освітленості бажано одержати комп'ютерну візуалізацію ефектів освітлення об'єкта. Це необхідно для підтвердження або корекції прийнятих рішень. Освітлення великих об'єктів місцевого значення, виконане без подібних проектних робіт, у більшості випадків не виконує поставлених задач.

Широке застосування сьогодні знаходять світлодіодні світильники для зовнішнього і внутрішнього застосування.

Світлодіодні модульні системи є освітлювальними блоками, які можна поєднувати в гнучкі доміноподібні комплекти для виробництва дизайнерських систем освітлення як на основі світильників, так і для прямої установки на опорі або на стіні.

Актуальність теми. Спираючись на дослідження в області моделювання, проектування та експлуатації систем вуличного освітлення та підсвічування архітектурно-ландшафтних особливостей, їх електропостачання можна відзначити, що належної уваги цій проблематиці в нашій країні почали надавати лише в останні кілька десятиліть. У багатьох освітлювальних установках до сих пір використовують джерела світла з неекономним та надмірно перевищеним споживанням електроенергії. Самі системи архітектурно-ландшафтного підсвічування, вуличного освітлення експлуатуються на базі малоефективних і зовсім не спеціалізованих

світлових приладів. Тому, враховуючи сучасний етап розвитку світлотехніки, електротехнологій при моделюванні та промисловому виконанні систем вуличного, архітектурно-ландшафтного освітлення варто обирати нові енергоощадні джерела світла, відповідні їм світлові прилади і, відповідно, підлаштовувати до їхньої роботи системи електропостачання. А тому розробка світлотехнічних проектів нових систем освітлення та систем електропостачання для них є актуальною проблемою сьогодення.

Зменшення потужності, що використовується сучасними джерелами світла, спрощує в цілому системи електропостачання освітлювальних установок, хоча, з іншого боку, до них ставляться більш жорсткі вимоги по якісних характеристиках електричної енергії.

Дослідження, спрямовані на аналіз режимів роботи систем електропостачання для архітектурно-ландшафтного освітлення вулиць населених пунктів, світлотехнічних характеристик освітлювальних установок, дозволять зробити їх енергетично ощадними, підвищити їх експлуатаційну надійність.

Мета і завдання дослідження. ***Метою*** дослідження є розробка рекомендацій по проектуванню та моделювання системи архітектурно-ландшафтного освітлення частини вулиці Кардинала Сліпого, будівель, розміщених на ній в м. Тернополі; проведення аналізу фотометричних, спектральних характеристик джерел світла, світлових приладів, що можуть використовуватися в таких освітлювальних установках; розробці систем електропостачання згаданих освітлювальних установок.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз загальних технічних положень міських вулиць, тротуарів, інших архітектурно-ландшафтних ділянок міського середовища.
2. Розробити рекомендації щодо вибору типів світлових приладів архітектурно-декоративного призначення, світловий потік яких створював би визначений рівень освітлення дорожнього полотна, а технічні характеристики відповідали б визначеним кліматичним умовам.

3. Подати рекомендації по підбору джерел світла, які можливо використовувати у декоративному архітектурному та ландшафтному освітленні, за спектральними характеристиками їх випромінювання, електротехнічними параметрами.
4. Розробити методики вибору місць розташування світлових приладів, визначення висоти їх встановлення, відстані між ними для вуличного освітлення та підсвічування архітектурних особливостей будівель, розташованих на цих вулицях.
5. Створити можливість швидкого розрахунку освітленості в будь-якій точці нормованих площин дорожнього та тротуарного полотна, фасадів будівель, розміщених на вулицях міст із достатньою точністю комп’ютерних обчислень.

Об'єкт дослідження – світлотехнічні та електротехнічні характеристики джерел світла, світлових приладів освітлювальних установок вуличного, архітектурно-ландшафтного призначення.

Предмет дослідження – закономірності функціонування систем вуличного освітлення та їх електропостачання, електротехнічні та світлотехнічні характеристики роботи даних систем.

Методи дослідження. Аналіз роботи системи електропостачання, проектування архітектурно-ландшафтного освітлення частини вулиці кардинала Сліпого досліджувалися із застосуванням математичних моделей проектування, у яких використовувалися операторний метод розв’язку алгебраїчних, диференціальних рівнянь, векторний та матричний розрахунок. Визначення фотометричних тіл світлових приладів, рівнів освітленості, коефіцієнтів рівномірності освітлення в експериментальних дослідженнях проводилися непрямим методом. Обчислення теоретичних залежностей і обробка експериментальних даних проводилися математично-статистичним методами із застосуванням пакету програм «Microsoft Office» і програмного забезпечення «MathCad», «DiaLux», «Maple».

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Отримала подальший розвиток методологія уточненого розрахунку сили світла світильників різного типу, побудови фотометричних тіл.
2. У методиці розрахунку освітленості горизонтальної площини дорожнього та тротуарного полотна, вертикальних площин фасадів будівель враховано можливість перекривання світлових потоків різних світлових приладів, що зменшило відносну похибку розрахунків до значень 5-7%.
3. Розроблено рекомендації до технологічних та електротехнічних особливостей вибору видів проводів, призначених для мереж живлення світлодіодних світлових приладів освітлювальних установок.

Практичне значення отриманих результатів

1. Вдосконалено методику уточненого розрахунку сили світла по різних напрямках простору та побудови фотометричних тіл для світлових приладів із світлодіодними джерелами та різним типом відбивачів.
2. Досліджено спектральний склад випромінювання сучасних джерел світла на прикладі світлодіодних випромінювачів з врахуванням коефіцієнтів відбивання відбивачів та пропускання розсіювачів світлових приладів.
3. Розроблена методика практичного уточненого визначення параметрів освітлювальних установок архітектурно-ландшафтного призначення.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні положення роботи і її результати доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 27-28 листопада 2019 р. (Тернопіль 2019 р.)

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано тези доповіді «Підвищення енергоефективності електропостачання систем освітлення спортивних об’єктів». Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листопада 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.] – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – с. 68.

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (29 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини: 103 сторінок, 28 таблиць, 20 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Роль освітлення в життєдіяльності людини.

Завдяки використанню новітніх дизайнерських розробок в архітектурному, вуличному і зовнішньому освітленні наші населені пункти, їх вулиці останнім часом стають дедалі все більш красивими та затишними.

Сучасне освітлення вражає своєю різноманітністю та різноплановістю. Воно необхідне в усіх сферах життєдіяльності людини. Сьогодні освітлення стає не лише життєвою необхідністю, але й прикрасою нашого життя.

Перед світлодизайнерами, інженерними працівниками в області світлотехніки та електротехніки стоїть непросте завдання – створити збалансоване світлове середовище міста, саме тому величезне значення приділяється зовнішньому освітленню. Це область як технічна, так і творча, тому що часто освітлювачі стикаються з пам’ятниками справжнього художнього мистецтва.

Освітлювачі вже не просто фахівці з проектування та встановлення освітлювального обладнання. Це неперевершені художники по світлу, які кожного дня створюють унікальні, вражаючі уяву картини, які постають у всій красі вночі. Сучасні технології і застосування світлофільтрів дозволяють хоч щодня змінювати зовнішній вигляд об’єкта. Сама непримітна будівля вдень, у нічний час розцвітає вогнем, а хмарочос, який сам по собі займає домінантне становище днем, не повинен загубитися у вечірній темряві.

Однак, все добре в міру. Далеко не всім об’єктам необхідно яскраве освітлення. Основоположними критеріями є місце розташування будинку і його архітектурний вигляд. Наприклад, одна справа, коли об’єкт знаходиться на центральній вулиці, де маса інших освітлених будівель і яскраво освітлена автомагістраль. Зовсім інша ситуація складається, якщо будинок розташований у мало освітленій зоні, коли окові необхідно адаптуватися до темряви.

У даному випадку перевищення рівня освітленості може негативно позначатися на здоров'ї місцевих жителів і їх комфортному самопочутті.

Розробка архітектурного освітлення передбачає вибір прийомів і режимів освітлення, рівнів яскравості фасадів, всілякої колірної забарвленості різних елементів фасаду. Для створення світлового художнього образу фахівці-світлотехніки використовують загальне освітлення, локальне, силуетне, контурне і динамічне кольорове освітлення.

Якість освітлення залежить від багатьох характеристик. Це світловий потік, освітленість поверхні та її здатність відбивати світло, сила світла, що відображає властивості рефлектора світильника, кольоровість, і цілий ряд інших.

Експерти вважають, що архітектура постійно прагне стати органічніше, ближче до природи. З традиційними матеріалами, такими як метал, бетон, цегла, скло, це зробити складно, однак за рахунок використання світла вирішити завдання набагато простіше. Природний світ живої природи, постійно змінюється. Штучний – керований, він має свої характеристики. В архітектурному світлодизайні існує безліч підходів, прийомів і секретів створення світлового образу, способів розставити акценти, виділити які-небудь елементи.

Тут перш за все необхідно подбати про те, щоб підсвічений об'єкт візуально не розпався на безліч підсвічених точок. Для цього необхідно загальне освітлення, що створює фон. Потім важливо промальовувати силует будівлі, зазвичай при цьому підсвічують визначальні елементи споруди. Крім того, прийнято виділяти, так звану, тектоніку, іншими словами, конструкцію будівлі. Для класичних будівель – це колони, пілястри, карнизи, тощо, а для сучасних – конструктивні системи.

Крім цього освітлення будівель буває статичне, коли в результаті використання світлових установок вдається постійно створювати потрібну картину, або динамічне, коли за допомогою гри світла картина змінюється. Підсвічують як площини фасадів, так і окремі їх елементи.

Певною мірою, характер освітлення фасаду визначають архітектурні особливості об’єкту. Наприклад, у класичних будівлях часто підсвічують колони або зону за колонами, щоб підкреслити об’єм. Під склепіннями освітлення більш яскраве, випромінювання спрямовано вниз, таким чином, до перших поверхів будівлі доходить більш м’яке дифузно-розсіяне світло.

Важливе значення має і ландшафтне освітлення. Воно включає в себе як декоративну, так і функціональну підсвітку паркових і садових насаджень, а також елементів паркового благоустрою і ландшафтного дизайну. Парковий і ландшафтний світлодизайн охоплює освітлення у вечірній і нічний час садових доріжок, клумб, кущів і дерев. Однак тільки освітленням справа не обмежується. Светодізайнера проводиться цілий спектр робіт, пов’язаних з освітленням площ, парків і садів, а також прилеглих до них територій.

Перед дизайнерами, які займаються ландшафтним освітленням, постають дві основні задачі. По-перше, практична. Світло забезпечує повноцінне життя, як безпосередньо в домашніх приміщеннях, так і поблизу. Освітленість у нічний час дозволяє вільно переміщатися по території, мати вільний доступ до зон відпочинку, службових приміщень, а також забезпечує безпеку перебування і проживання, виключаючи можливість несанкціонованого проникнення.

По-друге, ландшафтні світлодизайнери вирішують естетичне завдання – створення комфортного візуального оточення. Сучасні системи освітлення ландшафту не тільки створюють світлові ефекти, які повністю змінюють уявлення про навколишнє середовище, але і викликають певні емоції і настрої. Вони немов перетворюють звичайний пейзаж у ілюзорний „паралельний світ”.

Для створення виразного художньо-архітектурного вигляду споруди, при розробці освітлення необхідно враховувати:

- тип і призначення освітлюваного об’єкта;
- розташування і роль об’єкта у міському ансамблі;

- композиційні особливості об’єкта – розміри, структуру, архітектурний стиль, а також фактуру і колір облицювальних і будівельних матеріалів;
- напрямок і відстань, з яких може спостерігатися об’єкт. Із самого початку необхідно визначитися з, так званою, головною лінією спостереження – від цього залежить вибір підходу до світлового рішення. Припустимо, що об’єкт передбачається спостерігати здалеку, тоді важлива висока його яскравість, а деталювання відступає на другий план. Коли ж, навпаки, об’єкт розглядається з невеликої відстані, то деталі набувають першочергового значення.

1.2 Варіанти встановлення світлотехнічного устаткування.

Світлодизайнери мають у своєму арсеналі масу підходів, прийомів і секретів, щоб створити унікальний світловий образ міста, методів, щоб розставити акценти і виділити певні елементи. При проектуванні і створенні зовнішнього освітлення будівлі особлива увага приділяється часу реалізації проекту. Для вже існуючої будівлі є деякі обмеження. А саме, яким чином встановити освітлювальні прилади, щоб вони не псували денний вигляду будинку і були малопомітними, а також, яким чином прокласти кабель, щоб його використання було максимально зручним. Якщо ж установка світлового обладнання відбувається паралельно з будівництвом будівлі, то всі проблеми, пов’язані з освітленням, регулюються на етапі архітектурного проекту.

При створенні проекту необхідно заздалегідь визначити місце встановлення світлового приладу і вже виходячи з цього, підбирати світильник і розраховувати освітленості. Освітлювальні прилади монтуються в доступних для цього місцях: на землі або на дахах протилежних будинків, на щоглах вуличного освітлення. Слід пам’ятати, що реалізація кожного рішення пов’язана з певними труднощами. Так, установка приладу на щоглі вуличного освітлення тягне експлуатаційні проблеми, а домогтися дозволу установки прожекторів на сусідніх будинках не завжди можливо – не кожен домовласник дозволить це зробити – більше того, цей варіант теж не ідеальний щодо експлуатації. Найпростіше рішення – встановити прилади

безпосередньо на фасаді. Але і цей метод не позбавлений недоліків – конфліктує з принципами архітектурного освітлення: на малих відстанях від світильника створюються яскраві плями.

Як правило, вихідними даними при визначенні комплектації світлотехнічного пристрою є: призначення приладу, його тип, спосіб установки, конструкція і вид кріплення освітлювального приладу, а також тип лампи, яка використовується в приладі. Виріб повинен відповідати необхідним рівням захисту відповідно до прийнятих норм. Це стосується електробезпеки, пило та волого непроникності, кліматичного виконання та захисту від механічних впливів.

При розробці проекту художнього підсвічування фасаду будівлі необхідно враховувати кілька моментів. По-перше, географічне розміщення будівлі і навколишній ландшафт, по-друге, стильові та архітектурні особливості конкретного фасаду – саме вони будуть диктувати вибір джерел світла, по-третє – функціональне призначення конкретного будинку – від цього багато в чому залежить, який із способів підсвічування краще використовувати.

Одним з найбільш „стародавніх” способів художнього підсвічування є освітлення будівлі за допомогою комбінації великогабаритних прожекторів заливаючого світла і малопотужних прожекторів спрямованого світла. При такому способі підсвічування потужні металогалогенні прожектори розміщуються на землі навколо будівлі або на дахах сусідніх будинків. Прожектори спрямованого світла розміщуються на опорах по периметру будівлі. Це дозволяє цілком підкреслити архітектурні форми будівлі, деталізувати найбільш цікаві елементи декору і при цьому уникнути тих помилок, які виникають при розташуванні джерел світла (ДС) безпосередньо на фасаді будівлі.

Але є обмеження, які роблять використання цього способу підсвічування якщо не неможливим, то малоприйнятним. По-перше, він може застосовуватися при освітленні тільки тих будівель, де у вечірній час не відбувається активної діяльності, він оптимальний для культових споруд

(церков і соборів), пам’ятників, тобто архітектурних домінант міського ландшафту. По-друге, оскільки висота установок коливається від 3 до 8 метрів, навколо будівлі не повинно бути відкритого простору, необхідно наявність яких-небудь декоративних елементів (решіток, огорож) або посадок (дерев, кущів), які будуть частково приховувати опори і прожектори.

Що стосується технічних характеристик приладів, то в цих випадках використовуються джерела світла з лінійними лампами, вони володіють литими захищеними корпусами, лампи захищені особливо міцним склом.

Світильник з чашоподібним (параболоїд чи гіперболоїд обертання) корпусом має оптичну систему, що дозволяє ефективно розподіляти світловий потік таким чином, щоб створювати направлене світло. Це дає можливість забезпечити підвищений рівень освітленості при однаковій кількості встановлюваних приладів або при однаковій освітленості розміщувати менше число світильників.

Другий прийом художнього підсвічування фасаду – це розміщення джерел світла безпосередньо на фасаді будівлі. Після попереднього підбору і розстановки світильників та аналізу розрахункових рівнів освітленості бажано отримати комп’ютерну візуалізацію ефектів освітлення об’єкту (використовуючи засоби 3D-моделювання). Але, об’єктивно, жодна комп’ютерна програма не в змозі точно змоделювати результати проектування освітлення.

Світло – досить тонка матерія, і часом трохи змінена орієнтація світильника, заміна одного джерела на інше помітно позначаються на результатах проекту. Не завжди можливо передбачити тіні, утворені складним малюнком фасаду. Тому при проектуванні художнього освітлення складних історичних фасадів додатково проводиться експериментальне моделювання, коли джерела світла розміщуються на фасаді й проводяться природні (реальні) випробування на найбільш характерних і складних фрагментах фасаду. Це необхідно для підтвердження або корекції прийнятих рішень.

Для художнього підсвічування фасадів використовуються дві групи світильників: джерела спрямованого і розподіленого світла. До перших відносяться прилади з лампами MR16 з кутом розсіювання від 12 ° до 60 °. Спрямований промінь світла створюється світильниками з лінзами, при цьому промінь може йти в протилежних напрямах від джерела світла і мати різний кут розсіювання.

У конструкції приладів розподіленого світла можуть використовуватися лінійні лампи і відбивачі різних форм. Додаткові переваги дає використання світильників, конструкція яких передбачає можливість змінювати орієнтацію плафона у вертикальній і горизонтальній площинах, але при цьому досить жорстко фіксується в певному положенні і стійка до вітру і опадів. Жорстка фіксація досягається за рахунок використання в конструкції світильників шарнірних з’єднань з гравера.

При створенні художнього підсвічування будівлі небажано використовувати світильники на довгих кронштейнах, тому що вдень вони псують вигляд фасаду будівлі. Для деяких рішень, таких як підсвічування балюстрад балконів, карнизів і фризів, оптимальним рішенням буде використання джерела світла з люмінесцентними чи світлодіодними лампами. Лампи нового покоління загоряються миттєво, не мерехтять, дають яскраве рівне світло. Наявність полікарбонатної трубки в конструкції світильників з люмінесцентними лампами забезпечує можливість їх використання поза приміщенням.

Прожектори для художнього підсвічування фасадів повинні мати сучасний дизайн при малих габаритних розмірах. Всі світильники для зовнішньої підсвічування повинні мати ступінь волого- та пило захищеності не менше IP65. Оптимальним матеріалом корпусів зовнішніх світильників є алюміній, тому що це легкий метал, і він не схильний до впливу зовнішнього середовища, також важливий і спосіб виготовлення. Литі корпуси надійніші.

Важливою характеристикою є ресурс роботи ламп, оскільки їх заміна досить дорогий і трудомісткий процес, а в окремих проектах він вимагає використання спеціальної техніки. Оптимальний ресурс ламп для

зовнішнього освітлення повинен бути в діапазоні від 3 000 до 10 000 годин безперервної роботи. Перевага використання галогенних ламп полягає ще й у тому, що при такому ж споживанні електроенергії вони дають в два рази більше світла, забезпечують природне відтворення кольорів і служать в 3-4 рази довше. При цьому галогенні лампи можуть економити до 80% електроенергії.

Розведення мережі електропостачання здійснюється зовнішньо кабелем у гумовій ізоляції, який закладається в гнучкий металевий рукав. Металеві рукави прокладаються таким чином, щоб у них не могла накопичуватися волога.

Що стосується встановлення розподільного щита, то він може бути розташований за балюстрадою балкона, схований за колонадою. Конструкція розподільних щитів для використання поза будівлею повинна передбачати достатній рівень волого- та пило захищеності. При гладкому фасаді розподільчі щити розмішують всередині будівлі.

1.3 Світлодіодне підсвічування в архітектурі

В останні роки процес проникнення світлодіодних технологій у сферу традиційного освітлення стає все більш помітним. Розпочався цей процес з областей, що не потребують високого рівня освітленості – таких, як нічне інтер’єрне підсвічування, аварійне і чергове освітлення, світлові покажчики, активні знаки, маркувальне освітлення. Насичений колір світлодіодів вдало підходить для використання в кольоровому зонуванні простору, надання колірних акцентів. Нові мініатюрні джерела світла надають звичним предметів інтер’єру альтернативні світлові образи. Зі збільшенням ефективності і здешевленням компонентів світлодіоди заходять і в сферу загального освітлення, у якому домінуюче становище все ще утримують традиційні лампи розжарювання в житлових приміщеннях і люмінесцентні лампи в офісних приміщеннях.

Іншим вагомим аргументом на користь використання світлодіодів стала їх повна стійкість до багаторазових переключень, за рахунок яких,

власне, і створюються світлодинамічні ефекти. Аналогічний же режим роботи галогенних ламп призводить до істотного скорочення терміну їх служби. Хоч і при постійному навантаженні лампи розжарювання виходять з ладу в десятки разів швидше, ніж світлодіоди. До того ж на відміну від потужних ламп розжарювання низьковольтні світлодіоди практично безпечні при експлуатації у воді. Взагалі кажучи, світлодіодні системи підсвічування – відносно дорогий варіант в порівнянні з тими ж галогенними лампами. Але це стосується тільки разових витрат, пов’язаних з виробництвом освітлювальної системи та її монтажем. За оцінками експертів, світлодіоди неминуче окуплять себе в ході експлуатації й у підсумку дадуть приблизно п’ятнацятикратну економію.

Світлодіоди в якості джерела світла застосовуються у вигляді точкового підсвічування або як модулі найрізноманітніших розмірів і форм: від невеликих лінійок до кластерних груп, що вбудовуються в світильники. Точкове розміщення світлодіодів пов’язане з їх використанням в якості мініатюрних джерел світла, як правило – в декоративних цілях. Це і світловий декор предметів інтер’єру – меблів, скляних і дзеркальних стін, карнизів і підвісних стель; різних архітектурних елементів. Точкове розміщення може також виконувати функціональну роль (наприклад, при підсвічуванні інформаційних покажчиків і табличок). Світлодіодні модулі дозволяють вийти з багатьох проблематичних ситуацій, пов’язаних з нестандартними формами освітлювальних установок і габаритами посадочних місць. Під будь-яку конкретну задачу, практично під будь-який об’єкт, що вимагає світлодіодне підсвічування, можна підібрати модуль потрібної форми і розмірів, з необхідною кількістю і характеристиками світлодіодів, заданою конфігурацією їх розташування на друкованій платі. І перешкодою для світлодізайнера навряд чи стануть архітектурні нюанси освітлюваного об’єкта. Наприклад, компактні габарити світлодіодної лінійки дозволяють вмонтувати її практично куди завгодно: у металеву трубу – поручень сходів, в плінтус, у вузьку стельову нішу. Габарити ж ламп розжарювання необхідної потужності нерідко ставлять дизайнера перед

дилемою: або радикально змінювати конструкцію і розміри підсвічуваного об’єкту, або ж зовсім відмовитися від застосування підсвічування. Багато предметів інтер’єру отримують друге життя при грамотно виконаному підсвічуванню. Вельми естетично виглядає, скажімо, варіант світлового дизайну сходів в стилі „hi-tech”: підсвічування сходинок у жовтому кольорі зсередини, поручні виконуються з хромованої труби так, щоб зсередини виходив насичений синій колір через круглі прорізи. У таку конструкцію істотно простіше вбудувати вузьку світлодіодну лінійку, ніж яке-небудь інше джерело світла, навіть компактних розмірів. До речі, в Європі обов’язковою умовою при проектуванні і виготовленні сходів є світлове маркування ступенів. Актуальна проблема заміни перегорілих ламп у важкодоступних місцях відпадає в разі застосування світлодіодів: вони не перегорають.

1.4 Автоматичні системи управління зовнішнім освітленням

Існуючі системи управління зовнішнім освітленням можна підрозділити на декілька класів. По-перше, це місцеве управління, що забезпечуються за допомогою установки комутаційних і керуючих апаратів безпосередньо в лініях, що живлять освітлювальну апаратуру, наприклад на щитах підстанцій, магістральних щитах та ін. Проте такі системи застосовуються тільки в невеликих відособлених освітлювальних мережах, мають один центр живлення. В основному ж, мережі вуличного освітлення міст мають складну розгалужену структуру і безліч центрів живлення. Тому, в таких системах передбачається дистанційне управління освітленням, – як правило, це досягається завдяки встановленню магнітних пускачів в лінії мережі живлення і групових мереж. Така система включається з єдиного диспетчерського пункту. Причому, сигналом на включення лінії, які живляться від підстанції, буде наявність напруги на кінці лінії, що живиться від попередньої підстанції. Тобто, в установках зовнішнього освітлення міст і населених пунктів широко застосовується каскадна схема дистанційного управління, при якій управління ділянками розподільних ліній зовнішнього освітлення здійснюється шляхом підключення котушки магнітного пускача

другої ділянки в лінію першого, котушки пускача третьої дільниці в лінію другого, і т. д. Можлива і телемеханічних схема, при якій включення і відключення магнітних пускачів виробляється з диспетчерського пункту за допомогою телемеханічних пристроїв.

Крім цього, широко використовуються і автоматичне програмне або фотоавтоматичне управління – з установкою магнітних пускачів в лініях освітлення та програмного реле, фотореле або фотоелектричного автомата, що включають освітлення в залежності від рівня природної освітленості або часу доби.

Для вуличного освітлення міст і населених пунктів системи дистанційного управління освітленням передбачають два режими роботи освітлювальних установок – вечірній і нічний. При вечірньому режимі включені всі освітлювальні прилади, при нічному, коли інтенсивність руху падає, – частина освітлювальних приладів відключається, звичайно відключають світильники, підключені до якої-небудь однієї або двох фаз. Однак, при цьому збільшується до неприпустимих меж коефіцієнт нерівномірності освітленості дорожнього покриття:

$$K_{\text{НЕР}} = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \qquad (1)$$

де $K_{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності освітленості, E_{max} – максимальна освітленість (Лк), E_{min} – мінімальна.

Перераховані вище системи управління не можна назвати високоефективними с точки зору енергозбереження через цілу низку причин. По-перше, ручні системи включення – відключення освітлення, як показує практика їх експлуатації, несуть велику перевитрату електроенергії, що часто пов’язані з людським фактором. По-друге, як уже було зазначено, низькоефективне управління потужністю системи освітлення, а саме, у вечірні та в нічні години, що приводить до підвищення коефіцієнта нерівномірності освітлення. По-третє, відсутність оперативного контролю стану освітлювальних мереж і за доступом в шафи вуличного освітлення

(ШВО) з метою розкрадання кольорових металів і обладнання, що особливо важливо як антивандальний фактор.

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність створення автоматизованих систем управління освітленням (АСУО), що дозволяють не тільки включати – відключати освітлення вулиць, а й регулювати енергоспоживання системи, контролювати цілісність обладнання і несанкціонований доступ, вчасно сигналізувати оперативному персоналу про аварійні ситуації в мережі.

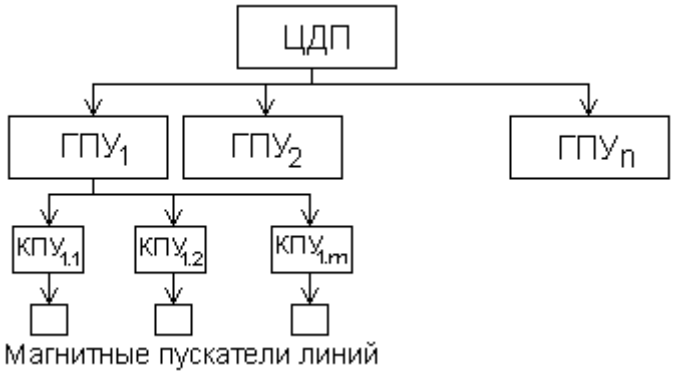


Рис.1 – Схема автоматизованої системи управління освітленням.

ЦДП – центральний диспетчерський пункт,

ГПУ – головний пункт управління, КПУ – кінцевий пункт управління.

Більшість сучасних АСУО будується за наступною схемою (рис.1). Однак, такі системи управління при перемиканні освітлення в нічний режим використовують метод відключення однієї - двох фаз. Але це підвищує, як вже говорилося вище, нерівномірність освітлення доріг.

Уникнути цього дозволяє використання у вуличних світильниках електронних пускорегулюючих апаратів (ЕПРА) замість традиційних електромагнітних. Ці пристрої дозволяють управляти споживаним струмом лампи та її світловим потоком. Таким чином, щоб домогтися зниження споживаної потужності системи немає необхідності в повному відключенні частини освітлювальних приладів. А це означає, що світловий потік всіх світильників буде змінюватися рівномірно, не збільшуючи нерівномірність

освітленості дорожнього полотна. Схема управління буде виглядати наступним чином (рис.2).

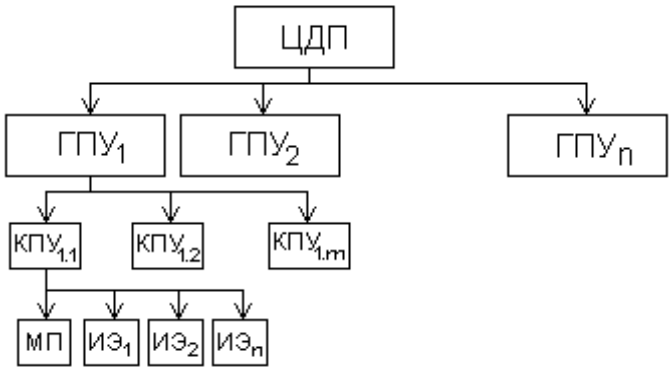


Рис.2 – Схема керування освітленістю дорожнього покриття.

МП – магнітний пускач, ІЕ – виконавчий елемент.

Проте це істотно здорожує схему. Адже крім приймача - перетворювача керуючих сигналів в кожному ЕПРА необхідно буде проводити свою виділену лінію для керуючих сигналів до кожного світильника.

Виходом з такої ситуації буде використання пристрою, що дозволяє передавати сигнали управління безпосередньо по лініях освітлювальної мережі.

Всі системи передачі інформації по мережі 220 В можна розділити на дві великі групи:

- системи, що використовують в якості інформаційного сигналу модуляцію струму низької частоти 50 Гц,
- системи, що формують в лінії власний сигнал на одній або декількох несучих частотах, що відрізняються від 50Гц.

Перша група пристроїв відрізняється надзвичайно високою завадостійкістю при простих схемах приймачів, але має дуже низьку швидкість передачі інформації і вимагає застосування в передавачах тиристорних комутаторів високої потужності. Крім того, для забезпечення вибіркового управління освітленням в окремо взятій гілці, необхідно

встановлювати комутатори ще й у прилеглих до неї шафах керування, що призведе до необхідності глобальної реконструкції всієї системи освітлення.

Основні проблеми, що зустрічаються розробникам АСУО, які обрали інший шлях – істотно нижча перешкодозахищеність і, як наслідок, велика складність пристроїв прийому і передачі інформації. Так, наприклад, ймовірність помилкового прийому біта при частотної маніпуляції на несучій 90 кГц і девіації 10 кГц при швидкості передачі 1 Кбіт і напрузі в лінії 0,75 В, склала 10^{-3} ... 10^{-4}, в залежності від лінії і часу доби, що вимагає застосування механізму перешкодозахисного кодування. Це доводиться розробками як вітчизняними (приклад – мікросхема КР1446ХК1 – корекція поодиноких і виявлення подвійних помилок), так і імпортними (наприклад, мікросхема TDA5051).

З іншого боку, системи даного типу володіють наступними перевагами:

- істотно більшою швидкістю передачі, точніше можливістю передавати великі пакети інформації між імпульсними перешкодами в лінії,
- можливістю використовувати інформаційний канал не тільки для управління освітленням, а й для зв’язку (обміну інформацією) між вузлами системи, аж до формування „інтелектуальних” світильників, тобто світильників з можливістю передачі інформації про поточний стан на центральний пульт,
- інформаційний сигнал може бути використаний для перевірки цілісності лінії електропередачі, а також оцінки її стану при відключеному електриці, що важливо саме для систем зовнішнього освітлення,
- можливістю інтеграції в існуючі системи освітлення без їх структурних та апаратних змін або доробок.

З урахуванням вищевикладеного при проектуванні даної системи АСУО вибір припав на пристрої передачі і прийому інформації (далі – модем) другого типу.

При виборі робочого діапазону частот і вихідний потужності модему враховувалися наступні фактори:

- результати проведених вимірювань (спектральна густина перешкод в лінії, монотонність її фазочастотного характеристики та імпедансу),
- вимоги стандарту ДСТУ на рівень електромагнітних завад в лініях електропередачі,
- робочі частоти існуючих систем управління і передачі інформації (забезпечення сумісності та інтеграції в готові системи),
- особливості і характеристики існуючих електронних пускорегулювальних апаратів (ЕПРА).

ЕПРА порівняно недавно з’явилися на ринку. До цих пір будь-яких специфічних стандартів на них не існує, з цього розробники вправі варіювати безліч параметрів, жорстко забезпечуючи лише електромагнітну сумісність. Як правило, ЕПРА вносять перешкоди високого рівня (амплітуда окремої гармоніки досягає 0,5 В) в діапазоні частот 20÷60 кГц, мають у цьому ж діапазоні високу нерівномірність вхідного опору (як правило, декілька піків до 500 Ом і провалів до 0,1 Ом резонансного характеру на різних частотах), тому реалізація модемів відносно простими засобами в діапазоні частот 20÷60 кГц затруднена. За результатами вимірювань рівень завад можна наближено апроксимувати наступною діаграмою, див. рис.3.

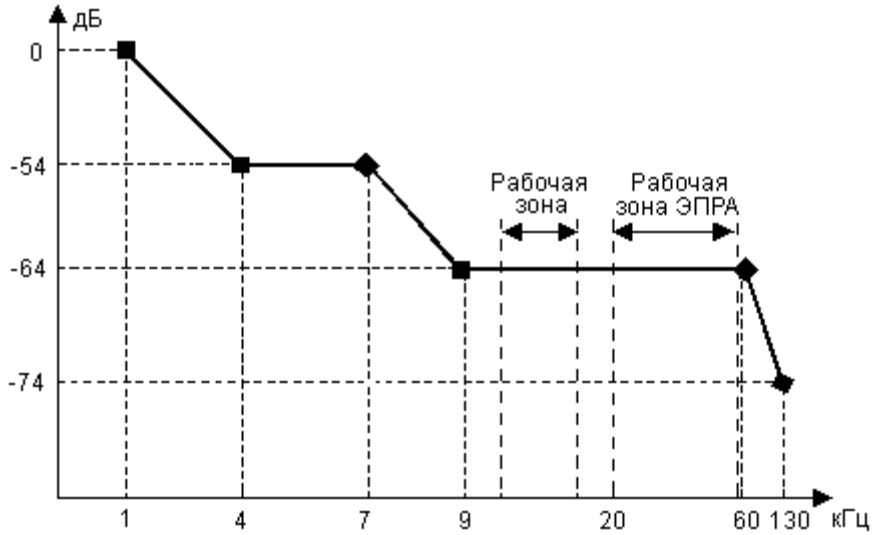


Рис.3 – Залежність рівня завад від частоти сигналів.

З неї видно, що для передачі інформації можливо застосувати два основних частотних діапазону – від 4 до 18 кГц (нижній) і від 70 до 130 кГц (верхній). Діапазон 70÷130 кГц вигідний меншим рівнем перешкод і потенційно більшою швидкістю передачі. Він активно використовується в зарубіжних системах „автоматизації житла” (Home automation systems), і наших АСУО. Більшість таких систем не враховують можливість використання ЕПРА, крім того, сформувати сигнал зі спектром задовольняє вимогам електромагнітної сумісності без застосування спеціалізованих ІМС представляється досить трудомістким завданням, і в такому випадку, мови про простому передавачі бути не може. Крім того, враховуючи ємнісний характер освітлювальної мережі, виграш по перешкодозахищеності при однаковій вихідній потужності передавача щодо нижнього діапазону невеликий.

Як наслідок, зупинили свій вибір на системі частотної маніпуляції в діапазоні частот 12 ÷ 10 кГц і потужністю передавача 30 Вт. При даній потужності, в залежності від довжини і ємності лінії такий передавач розвиває до 7,5 В (типове - близько 1 В). При цьому гарантована ймовірність помилки на біт – не менше 10^{-3}. Для підвищення перешкодозахищеності використовується модуляція шумоподібним сигналом з базою дорівнює 15 на біт інформації, і мінімізацією ймовірності помилкового спрацьовування. Для додаткової надійності з боку центрального пульта можливо періодичне (наприклад, кожну годину) повторення команди перемикання режиму освітлення.

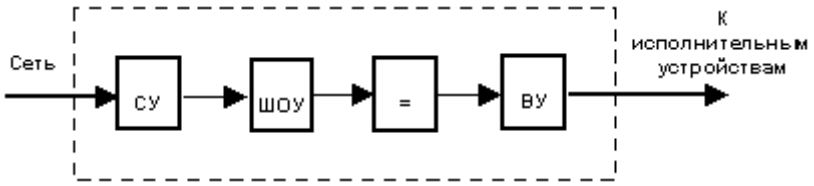


Рис.4 - Структурна схема приймача.

СУ – синхронізуючий пристрій, ШОУ – широкосмуговий підсилювач – обмежувач – вузькосмуговий фільтр на 15 кГц з нулями в областях 20÷25 кГц і 8÷10 кГц, компаратор і обчислювальний пристрій, які забезпечують селекцію і декодування прийнятих сигналів.

Завдяки наявності на ринку сучасних RISC-мікроконтролерів, з вбудованими засобами захисту, компаратором і мають продуктивність 8÷12 мкс при споживаній струмі 2÷5 мА, а також зчетверених операційних підсилювачів, приймач вдалося реалізувати всього на двох інтегральних схемах у вигляді окремого блоку і вартістю, не більше 20% від вартості ЕПРА, при хороших енергетичних параметрах. При інтеграції пристрою в саму ЕПРА можливо чекати ще більшої ефективності.

Передавач відрізняється від приймача тим, що у схему доданий ключовою підсилювач потужності – модулятор і пристрій, що погоджує – фільтр. При цьому сигнал передачі формується цілком за допомогою мікроконтролера, що додатково спрощує схему.

Так як ГОСТ нормує рівень ВЧ перешкод тільки на частотах вище 150 КГц, придушення вищих гармонік переданого сигналу забезпечується фільтром LC спільно з ємністю ліній, яка, як правило, становить 5 мкФ або більше. За витратами передавач відрізняється від приймача додаванням у схему 5 транзисторів, кількох пасивних елементів і незначній зміні джерела живлення, що природно викликає незначне подорожчання модуля.

У більшості випадків потенційні можливості і додаткові функції розширюються зі збільшенням складності пристроїв і дана розробка – не виняток. Крім перспектив і особливостей, які визначаються безпосередньо принципом і частотним діапазоном передачі сигналом (вони були відзначені вище) існує і специфічні перспективи пов’язані з обраної елементної базою і схемотехнікою пристроїв приймача і передавача. Основні з них такі:

- можливість використання накопичувача енергії для передавача, на основі короткочасного характеру передачі сигналів, що дозволить використовувати для живлення модему, вбудованого в ЕПРА безтрансформаторне джерело – мінімальні витрати для створення „інтелектуального” світильника,
- можливість полегшення самого ЕПРА за рахунок більшого запасу обчислювальної потужності мікроконтролера аж до прямого управління

силовими ключами перетворювача або стабілізуючого коректора потужності.

Таким чином, запропонована структура АСУО з передачею інформації по проводах мережі виявляється не тільки економічно вигідною, а й перспективною системою.

1.5 Висновки до розділу

1. Аналіз літературних та Internet джерел показав, що роль освітлення в життєдіяльності людини важко переоцінити. Розробка архітектурного освітлення передбачає вибір прийомів і режимів освітлення, рівнів яскравості фасадів, всілякої колірної забарвленості різних елементів фасаду будівель. Тому до цієї проблематики варто відноситися не лише творчо, а й приділяти серйозну увагу до електротехнічних і світлотехнічних параметрів освітлювальних установок.
2. Варіантам встановлення світлотехнічного устаткування повинно надаватися не меншого значення, ніж безпосередньо світловим приладам та їх електротехнічному обладнанню.
3. При моделюванні чи проектуванні установок вуличного й архітектурно-ландшафтного освітлення обов’язково має передбачатися автоматична система управління ними.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз загальних положень по освітленню вулиць та автомобільних доріг

Людина одержує більшість всієї зовнішньої інформації за допомогою органу зору (за даними великої кількості літературних, інтернет та інших джерел – до 95 %), ефективна робота якого можлива тільки в умовах світлового поля необхідної інтенсивності та яскравості. За інтенсивністю світлове поле повинно бути вище порогу чутливості приймача світлової енергії (ока), але нижче порогу його больового ефекту. Якісні характеристики світлового поля в основному визначають якість сприйняття інформації. Створення необхідного світлового клімату для ефективного сприйняття зорової інформації – головна задача освітлення, насамперед штучного (електричного).

Раціональне штучне електричне освітлення є одним з важливих факторів підвищення безпеки, продуктивності праці, покращення санітарно-гігієнічних умов, якості виконуваних робіт, покращення умов спостереження, наприклад, за машинами, пішоходами, дорожніми знаками, іншими важливими з точки зору безпеки дорожнього руху обставинами та предметами.

Під раціональним освітленням розуміють таке, при якому на робочих місцях забезпечується необхідно для нормальної роботи освітленість, відсутня осліплююча дія світла, немає різких коливань світлового потоку, відсутній різкий перехід від світла до тіні, має місце нормальне відтворення кольору об’єкта.

При організації освітлення на автомобільних дорогах, тротуарах, прилеглих до автошляхів зонах необхідно приймати до уваги наступні фактори (характеристики та норми):

- забезпечувати нормовані показники освітлювальних установок (середню яскравість проїжджої частини, рівномірність розподілу яскравості,

коефіцієнт засліпленості з урахуванням відмінності умов видимості на різних геометричних елементах доріг);

- виділяти розташування небезпечних зон – перетинань, перехресть, примикань, звужень доріг, зупинок місцевого пасажирського транспорту, пішохідних переходів, вузьких мостів, змінюючи кольоровість джерел світла, розміщення або конструкцію опор і світильників. У місцях особливо інтенсивного руху пішоходів для кращого орієнтування водіїв необхідно збільшувати яскравість проїжджої частини в 1,5-2 рази, що покращує умови зорового сприйняття;
- обмежувати дезорієнтуючу і засліплюючу дію вогнів реклами, світних написів, прожекторів, іншого;
- забезпечувати безперервність освітлення перед складними і небезпечними ділянками доріг і не допускати чергування освітлених і неосвітлених смуг;
- домагатися плавного зменшення яскравості проїзної частини на виїзді з освітленої ділянки дороги на неосвітлений, влаштовуючи перехідну зону, довжина якої залежно від перепаду яскравості змінюється від 50 до 250 м;
- уникати розміщення освітлювальних опор на тих елементах доріг і перетинань, де їх установка може утруднити рух і виявитися причиною важких наслідків у разі раптового з’їзду автомобіля з проїжджої частини.

Проектування освітлювальних установок ґрунтується на розробці двох розділів: світлотехнічного та електротехнічного.

В світлотехнічному розділі вибирають джерела світла, світильники, намічають найбільш доцільну висоту їх установки та розміщення в просторі, визначають якість і характеристики освітлювальних установок.

При проектуванні освітлювальних установок важливим фактором є вірний вибір необхідної освітленості дорожнього покриття. Для цього розроблені санітарні норми промислового освітлення – СНІП. Вони

розроблені на основі класифікації об’єкту освітлення, інтенсивності руху транспорту, тощо. Детальніше характеристики наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Санітарні норми промислового освітлення дорожнього покриття

Категорія об’єкту по освітленості	Вулиці, дороги, площі	Найбільша інтенсивність руху транспорту в обох напрямках, од./год.	Середня яскравість покриття, кд/м^2	Середня горизонтальна освітленість покриття, лк
А	Магістральні дороги, магістральні вулиці загальноміського значення	Більше 3000 1000-3000 500-1000	1,6 1,2 0,8	20 20 15
Б	Магістральні вулиці районного значення	Більше 2000 1000-2000 500-1000 Менше 500	1,0 0,8 0,6 0,4	15 15 10 10
В	Вулиці та дороги місцевого значення	500 і більше Менше 500 Поодинокі автомобілі	0,4 0,3 0,2	6 4 4

Розміщення світильників у зоні перехресть повинно передбачати забезпечення більшої яскравості на них, ніж на підходах до них, і хорошу видимість таких важливих елементів, як пішохідні переходи, зупинки. Особливо великий вплив освітлення на безпеку руху в тунелях. Одна з головних небезпек руху в тунелях полягає у втраті видимості через різкий перехід від яскравого денного світла до умов низької освітленості в тунелі. Якщо освітленість при сонячному світлі складає більше 100 000 лк,

яскравість до 8000 кд/м^2, то в тунелях вона іноді не перевищує 40-50 лк. При цьому зоровий апарат водія не встигає адаптуватися.

Однією з поширених причин незадовільного освітлення проїжджої частини є те, що проектанти світлотехніки не враховують можливості екранування автомобільної частини дороги кронами дерев, наближених до проїжджої частини. У цих умовах рекомендується застосовувати тросовий підвіс світильників або подовжені кронштейни, скорочувати крок розташування світильників не менш ніж в 1,2 рази, тим самим збільшуючи світловий потік, що потрапляє на проїжджу частину. Для виділення пішохідних переходів і транспортних перетинів рекомендується використовувати світильники з джерелами світла, що відрізняються кольором від інших, в основному жовтого та білого світла з підвищеною яскравістю.

На рис. 2.1 наведено найбільш розповсюджені схеми розташування світлових приладів біля (чи над) проїжджою частиною дороги.

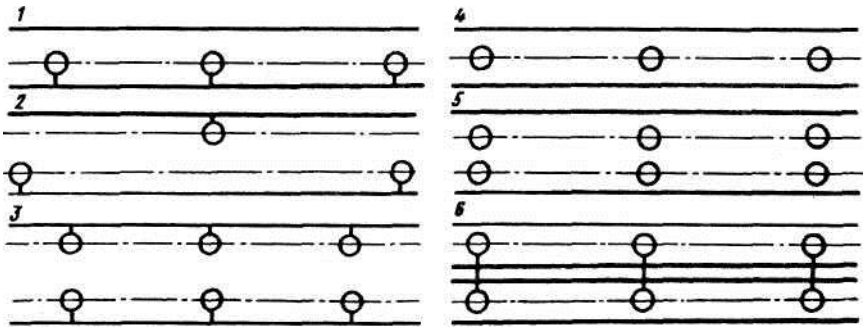


Рисунок1 - Основні схеми розташування світлових приладів біля чи над проїжджою частиною дороги (1-6) світильників

Опори освітлювальних установок можуть становити небезпеку, тому вони повинні віддалятися від кромки проїзної частини не менше ніж на 0,6 м. При розташуванні по осі розділової смуги шириною менше 5 м опори повинні бути обов’язково захищені дорожніми огородженнями з обох сторін.

Освітлювальна установка автомобільних доріг поза населеними пунктами на довгих ділянках є складним і дорогим заходом, хоча з позицій

забезпечення безпеки руху вкрай необхідним. Будівельними нормами і правилами для поліпшення зорового сприйняття водіїв у темряві рекомендується застосовувати прояснені покриття в найбільш небезпечних місцях. Стаціонарне електричне освітлення згідно з цими нормами повинно проектуватися обов'язково на ділянках, що проходять через населені пункти, при можливості враховувати використання існуючих електричних розподільних мереж на великих мостах, автобусних зупинках, перехрестях доріг I і II категорій між собою та з залізницями, на перехрестях з круговим рухом. Якщо відстань між сусідніми освітлюваними ділянками менше 250 м, слід влаштовувати неперервне освітлення.

Згідно СНіП 2.05.02-85 «Автомобільні дороги» [19] середня яскравість покриття доріг поза населеними пунктами повинна бути на дорогах:

- I категорії не менше 0,8 кд/м^2,
- II категорії - 0,6 кд/м2,
- на відгалуженнях в межах транспортних розв'язок - 0,4 кд/м^2.

Відношення максимальної яскравості до мінімальної при цьому не повинно бути більш 3:1 на дорогах I категорії і 5:1 на всіх інших.

Так званий показник засліпленості установок зовнішнього освітлення не повинен перевищувати 150. Цей показник передбачає оцінку сліпучої дії освітлювальних установок на водіїв у зв'язку з попаданням прямих променів світла від його джерела в очі спостерігача.

Засліпленість:

$$П_o = 1000(K_o - 1),$$

де K_o – коефіцієнт засліпленості.

Коефіцієнт засліпленості:

$$K_{\hat{i}} = \frac{S_{\hat{a}1}}{S_{\hat{a}2}},$$

де $S_{в1}$ и $S_{в2}$ – дальність видимості об'єкта спостереження (наприклад, пішохода) відповідно при екрануванні та присутності джерела світла в полі зору, м.

Особливо необхідним є якісне зовнішнє освітлення на дорогах, на яких повинні забезпечуватися високі швидкості руху. У першу чергу це дороги, що з'єднують аеропорти з містами, де спостерігається цілодобовий інтенсивний рух пасажирських автомобілів. Закордонний досвід переконливо показує, що при цьому істотно підвищується швидкість переміщення, і різко знижується безпека руху.

2.2. Дослідження та аналіз світлотехнічних характеристик джерел світла.

Основні зауваження щодо підбору джерел випромінювання по кольоровій температурі. Вибір кольорової температури $T_к$ ґрунтується на колірних відтінках поверхонь. Якщо поверхні, так звані, „холодні" (мають забарвлення у фіолетово-голубій області спектру і великий коефіцієнт відбивання у цій же області), слід застосовувати розрядні ДС з високою колірною температурою. (Відповідно, якщо, так звані, „теплі" (мають забарвлення у червоно-жовтій області спектру і близький до одиниці коефіцієнт відбивання у цій же області) – лампи з низькою колірною температурою). Рекомендується також змішувати ДС різної $T_к$ для освітлення мозаїчних панно, але оскільки це досить непросто при змішуванні завжди необхідно здійснювати кольоромоделювання на практиці.

При виборі джерела світла слід брати до уваги зміну кольору облицювального матеріалу в порівнянні з кольором при природному освітленні. Зміна сприйняття кольорів при різному спектральному складі освітлення – дуже важлива для проектувальника.

Слід зауважити, що найбільша зміна кольору оздоблювальних матеріалів спостерігається при освітленні лампами ЛР, ДНаТ, ДнаО, а найменше – при освітленні ДРЛ і ДРІ. До найбільших змін схильні насичені кольори при інших рівних умовах.

Загальні рекомендації щодо вибору ДС:

Не рекомендується освітлювати:

темно-сині матеріали лампою ДРЛ;

темно-сині, світло-зелені – ЛР;

блакитні, сині і зелені – ДНаТ.

Рекомендується освітлювати, і це буде раціональним використання світлового потоку:

сіро-бежеві і темно-зелені матеріали – ЛР;

темно-зелені – ДРІ, ДРЛ;

сіро-бежеві – ДНаТ.

Для найкращої кольоропередачі:

світло-блакитні, темно-блакитні, темно-зелені матеріали – ЛН, ДРЛ,

Програмний модуль визначення спектрального складу випромінювання джерела типу HQI з врахуванням коефіцієнта відбивання алюмінію.

ДРІ;

$\phi\lambda HQI$ T =

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
1	42	39	43	45	42	58	100	48	47	...

.

темно-сині – ДРІ;

сіро-бежеві – ДРЛ, ДРІ, ДНаТ;

світло-зелені – ДРЛ, ДРІ.

Кольорова температура є одним із визначальний параметрів для спектрального складу випромінювання джерел світла. Як приклад, пропонується один із програмних модулів аналізу спектрального складу випромінювання ламп фірми OSRAM типу HQI потужністю 250 Вт.

$\phi\lambda HQI$ T =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
1	21	30	38	61	80	44	38	38	50	...

.

$\lambda_n := 380 + n \cdot \Delta\lambda$

$\Delta\lambda := 10$

HM

$n := 0 .. \mathrm{rows}(\phi\lambda HQI) - 1$

$\lambda^T =$

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	470	480	490	500	510	520	530	540	550	...

.

$\lambda^T =$

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	560	570	580	590	600	610	620	630	640	...

.

$Const := \max\left(\phi\lambda HQI^{\langle 1 \rangle}\right)$

$Const = 100$

$$\phi\lambda vidn := \left| \begin{array}{l} \lambda^{\langle 0 \rangle} \leftarrow \lambda \\ \phi\lambda 1 \leftarrow \phi\lambda HQI^{\langle 1 \rangle} \cdot Const^{-1} \\ \phi \leftarrow \mathrm{augment}(\lambda, \phi\lambda 1) \end{array} \right.$$

$\phi\lambda vidn^T =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
1	0.21	0.3	0.38	0.61	0.8	0.44	0.38	0.38	0.5	...

.

$\phi\lambda vidn^T =$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
1	0.42	0.39	0.43	0.45	0.42	0.58	1	0.48	0.47	...

.

$\phi\lambda$vidn ^{T} =

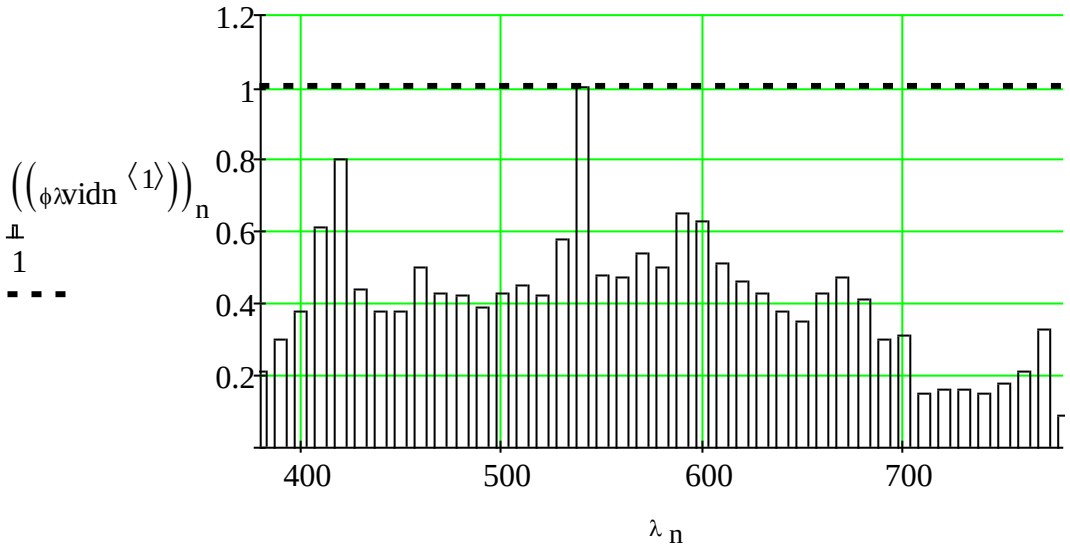
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
0	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
1	0.41	0.3	0.31	0.15	0.16	0.16	0.15	0.18	0.21	...

.

$\phi\lambda vidn^{T} =$

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
1	0.5	0.65	0.63	0.51	0.46	0.43	0.38	0.35	0.43	...

Графік відносного спектрального розподілу потоку випромінювання джерела світла - φ(%), - λ(нм)



Відносний спектральний коефіцієнт відбивання алюмінієвої поверхні відбивача прожектора - ρ (%), - λ (нм)

$\rho^{T} =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
1	92	93	94	92	92	92	92	94	92	...

$\rho^{T} =$

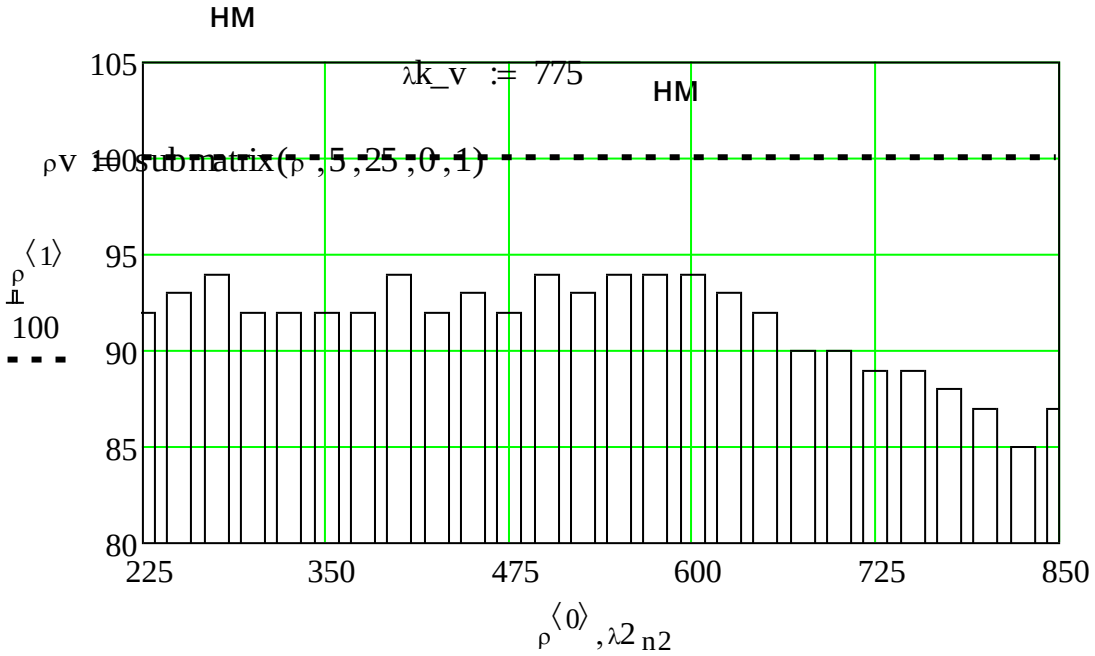
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
1	92	94	93	94	94	94	93	92	90	...

$\Delta\lambda 2 := 25$ нм $\qquad n2 := 0 .. rows(\rho) - 1$

$\lambda 2poch := 225$ нм $\qquad \lambda 2_{n2} := \lambda 2poch + n2 \cdot \Delta\lambda 2$ нм

Графіік відносного спектрального розподілу коефіцієнта відбивання алюмінієвої поверхні відбивача - ρ (%), - λ (нм)

$\lambda p_v := 375$



$\rho v^T =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575
1	92	92	94	92	93	92	94	93	94	...

.

$\rho v^T =$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825
1	94	93	92	90	90	89	89	88	87	...

.

Сплайн-інтарполяція експериментальних відносних значень коефіцієнта відбивання

$$A := \begin{bmatrix} \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^0 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^1 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^2 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^3 \\ \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^1 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^2 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^3 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^4 \\ \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^2 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^3 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^4 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^5 \\ \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^3 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^4 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^5 & \sum_i \left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^6 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_i \left[\left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^0 \cdot \left(\rho\langle 1\rangle\right)_i\right] \\ \sum_i \left[\left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^1 \cdot \left(\rho\langle 1\rangle\right)_i\right] \\ \sum_i \left[\left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^2 \cdot \left(\rho\langle 1\rangle\right)_i\right] \\ \sum_i \left[\left[\left(\rho\langle 0\rangle\right)_i\right]^3 \cdot \left(\rho\langle 1\rangle\right)_i\right] \end{bmatrix}$$

$a3 := A^{-1} \cdot B$ $\qquad \lambda 3 := 380, 390 .. 780$

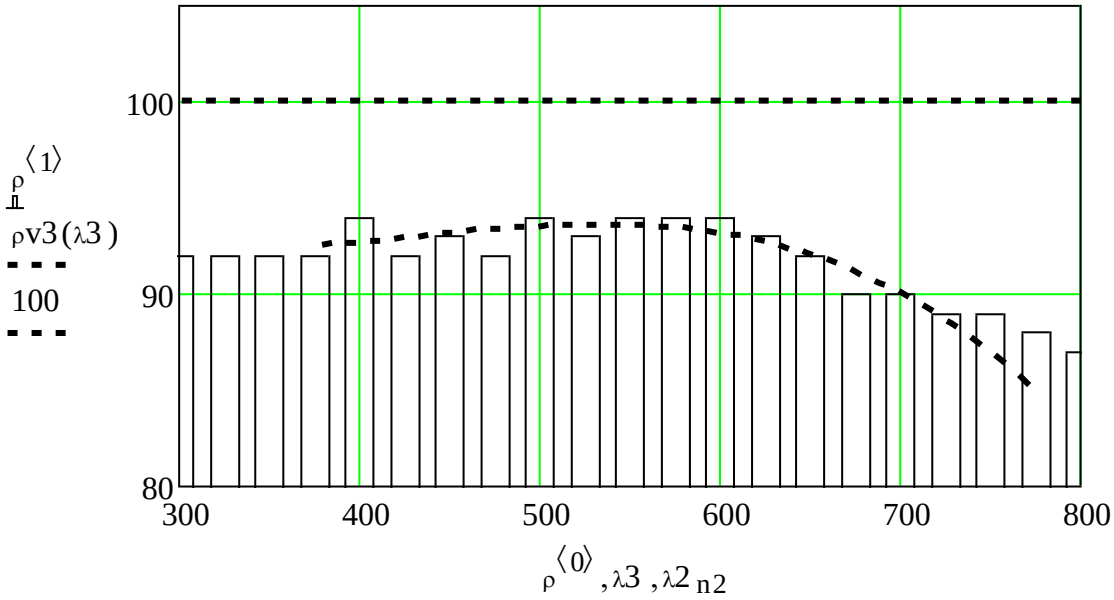
$$a3 = \begin{pmatrix} 108.99 \\ -0.13 \\ 3.34 \times 10^{-4} \\ -2.62 \times 10^{-7} \end{pmatrix}$$

$\mathrm{last}(a3) = 3$

$$\rho v3(\lambda 3) := \sum_{i3=0}^{\mathrm{last}(a3)} \left(a3_{i3} \cdot \lambda 3^{\,i3}\right)$$

$n4 := 0 .. \mathrm{rows}(V) - 1$ $\qquad \rho v4_{n4} := \rho v3\left(\lambda_{n4}\right)$

Суміщені графіки спектрального коефіцієнта відбивання: експериментальних його значень та функціональної залежності від довжини хвилі визначеної через кубічний сплайн.



Значення відносної спектральної чутливості органів зору стандартного середньостатистичного спостерігача

$V^T =$

	0	1	2	3	4	5
0	380	390	400	410	420	430
1	$4\cdot10^{-4}$	$1.2\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$1.2\cdot10^{-3}$	$4\cdot10^{-3}$	...

.

$V^T =$

	6	7	8	9	10	11
0	440	450	460	470	480	490
1	0.023	0.038	0.06	0.091	0.139	...

.

$V^T =$

	12	13	14	15	16	17
0	500	510	520	530	540	550
1	0.323	0.503	0.71	0.862	0.954	...

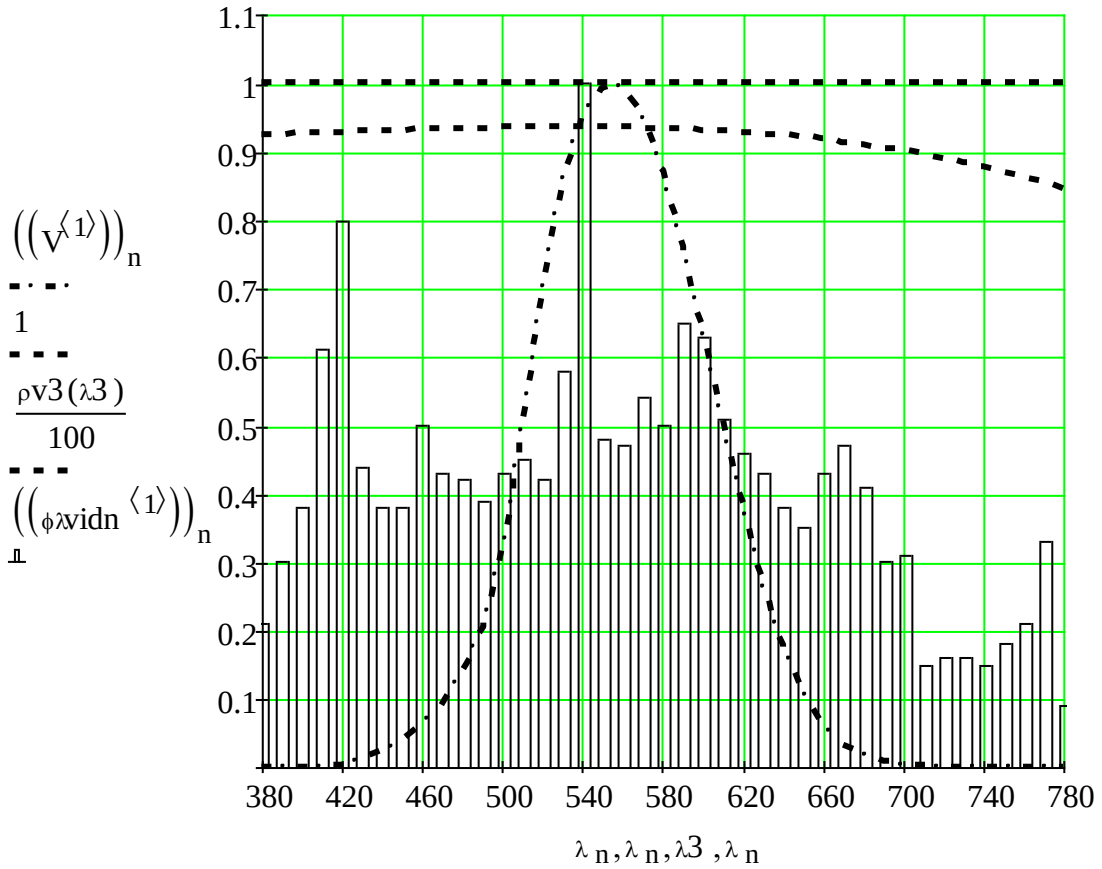
.

$V^T =$

	18	19	20	21	22	23
0	560	570	580	590	600	610
1	0.995	0.952	0.87	0.757	0.631	...

.

Суміщені графіки відносної спектральної ефективності та спектрального коефіцієнта відбивання



Приклад розрахунку реального світлового потоку досліджуваних джерел світа:

$$\Phi 1 := 6.83 \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi\lambda HQI^{\langle 1\rangle}\right)_n \cdot \left(V^{\langle 1\rangle}\right)_n \cdot \Delta\lambda\right]$$

$\Phi 1 = 39919.552$ лм

$$\Phi 2 := \frac{6.83}{100} \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi\lambda HQI^{\langle 1\rangle}\right)_n \cdot \left(V^{\langle 1\rangle}\right)_n \cdot \rho v4_n \cdot \Delta\lambda\right]$$

$\Phi 2 = 37271.688$ лм

Як показують вищенаведені дослідження, розрахований світловий потік відрізняється від паспортних значень в межах похибки, яка не перевищує значень 5-9%.

2.3 Висновки до розділу

Проведений аналіз характеристик освітлення автомобільних доріг населених пунктів, вулиць, тротуарів показав необхідність дотримання визначених значень рівнів освітленості, їх рівномірності та виділення й підвищеного освітлення особливих зон, таких як пішохідних переходів, перехресть, інших.

По дослідженню світлотехнічних характеристик джерел світла можна констатувати:

- реальний світлових потік та спектральний склад випромінювання відрізняється від задекларованого виробниками в межах похибки, що не перевищує значень 5-9% як у бік збільшення, так і зменшення значень світлового потоку;
- врахування спектрального складу випромінювання при виборі джерел повинно прийматися проектантами зважаючи на спектральні характеристики відбивачів та розсіювачів світлових приладів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок електричної частини установки вуличного освітлення.

В склад електроосвітлювальної установки, крім безпосередньо освітлювальних приладів, входять освітлювальні трансформатори, комутаційна та захисна апаратура, освітлювальна мережа.

Освітлювальні установки для автомагістралей, вулиць та перехресть їх, тротуарів живляться напругою не вище 220 В, можливі виключення для вищих напруг мають узгоджуватися додатково.

Ці значення напруги одержують за допомогою понижуючих трансформаторів. Для живлення освітлювальних установок шахт використовують вибухонебезпечні трансформатори ТСШ–4/07 та ТСШ – 4/07–38 потужністю 4 кВА. Первинна обмотка може підключатися до мережі напругою 660 В, при з’єднання обмоток зіркою, та 380 В, при, з’єднання трикутником. Вторинну обмотку для одержання напруги 220 В з’єднують зіркою. Трансформатор ТСШ–4/07–38 має додаткову вторинну обмотку на напругу 38 В.

Трансформатори ТСШ підключаються до мережі 380 або 660 В через магнітний пускач ПВІ, див. рис. 3.1, а). Зі сторони нижчої напруги 127 чи 220 В освітлювальну мережу включають та відключають ручним пускачем ПРВ–3 або ПРШ–1. Для контролю ізоляції та захисного відключення мережі 127 або 220 В використовують реле витоку на заземлення.

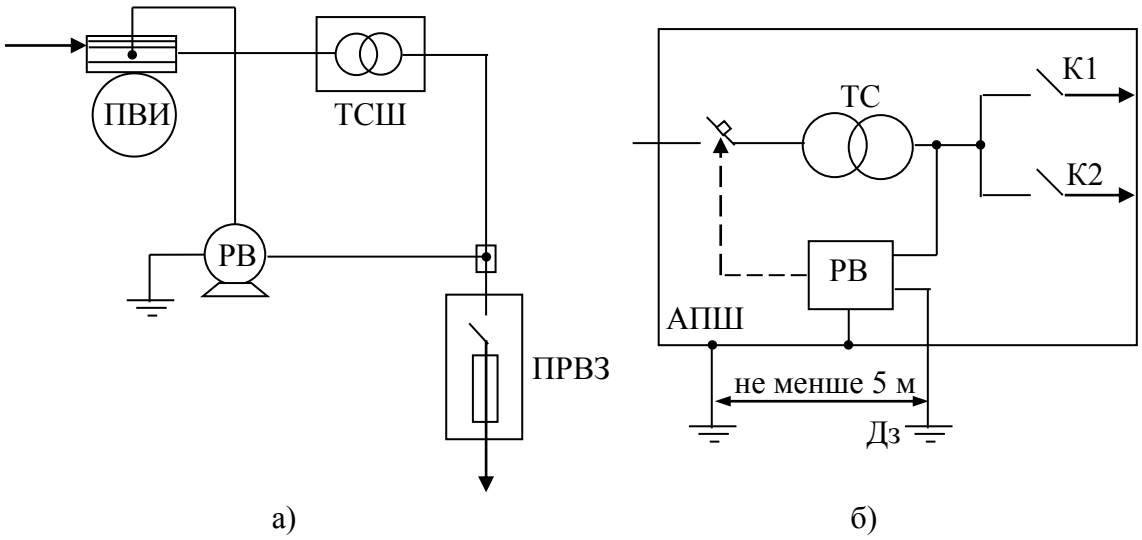


Рисунок 3.1 - Схема підключення освітлювального трансформатора:

а) ТСШ; б) АПШ.

Живлення електроенергією стаціонарних освітлювальних установок автомагістралей звичайно виконується за допомогою трьохжильних броньованих кабелів з паперовою ізоляцією (СБ, СБГ) з перерізом від 3х4 до 3х16 мм^2 (свинцева оболонка використовується в якості заземлюючої жили).

При живленні освітлення від пускового агрегату з нерегульованою установкою максимального захисту довжина лінії освітлення в одну сторону може бути обмеженою необхідністю забезпечення надійності спрацювання максимального захисту при короткому замиканні (КЗ) в кінці лінії, тобто:

$$\frac{I_{к.з.\min}}{I_y} \geq 1{,}5,$$

- де $I_{к.з.\min}$ – струм двохфазного КЗ в кінці електролінії;

- I_y – струм спрацювання захисту.

Тому для протяжних ділянок доріг можуть бути встановлені додаткові джерела живлення освітлення, які в свою чергу приєднуються до силової мережі за магістральною схемою.

Для загального освітлення використовують стаціонарні та пересувні опори (дерев'яні, металічні, залізобетонні), висота яких не перевищує 10-15 м. На одній щоглі може встановлюватись група світильників (із двох і більше штук).

Виконання перелічених систем пов'язане з використанням великої кількості світильників, великої протяжності освітлювальних ЛЕП, з незручністю експлуатації пересувних опор на дорогах, що будуються, чи під час виконання ремонтних, аварійних робіт.

Захист освітлювальної мережі від струмів КЗ передбачається плавкими запобіжниками або автоматичними вимикачами, встановленими в трансформаторних підстанціях, шафах або безпосередньо на ЛЕП. Дорожня освітлювальна мережа виконується за допомогою кабельних ліній або повітряних сталеалюмінієвих проводів.

3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення дорожнього покриття вулиць та тротуарів.

Розподіл проекту освітлювальної установки на світлотехнічну та електричну частини є достатньо умовним, тому що ці частини пов'язані між собою і більшість питань електротехнічної та світлотехнічної частин вирішуються разом. Не можна починати світлотехнічні розрахунки без попереднього вибору напруги мережі, джерела живлення, без урахування умов прокладки електричної мережі. При вирішенні питання надійності роботи освітлювальної установки необхідно одночасно приймати до уваги як світлотехнічні вимоги: рівні освітленості, якість освітлення, розміщення світильників; так і вимоги до джерел та схем живлення. Поряд з цим необхідні знання технології чи призначення автомобільної дороги, вулиці та тротуару населеного пункту, специфіки використання та архітектури для громадських приміщень. Крім цього повинні бути прийняті до уваги вимоги до безперебійності роботи

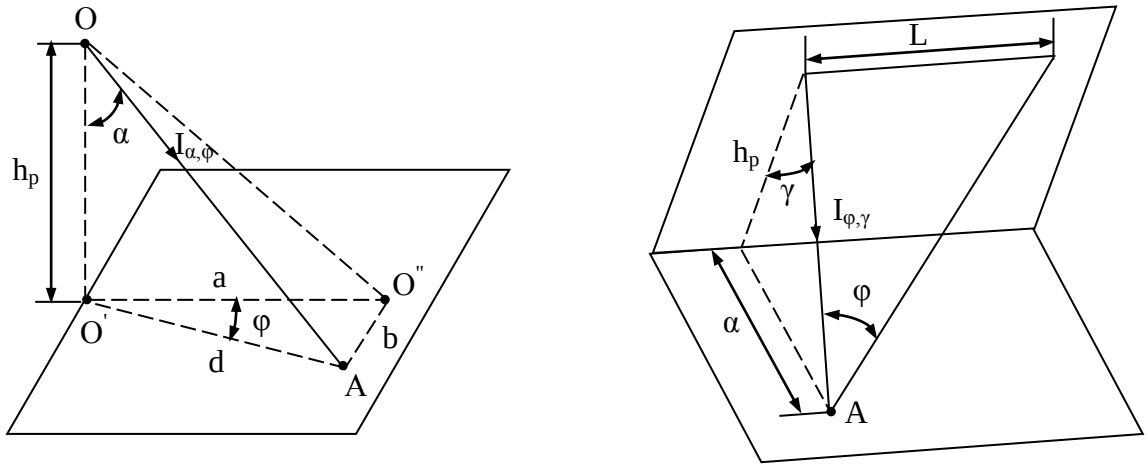
освітлювальної установки, зручності обслуговування світильників та економічних показників електричної та освітлювальної установок.

Елементи, що світяться, в залежності від їх розміру та відстані до освітлюваної поверхні можна розбити на три групи: точкові, лінійні та поверхні кінцевих розмірів.

До першої групи відносяться освітлювальні прилади з лампами розжарення та газорозрядними лампами, розташовані до освітлюваної поверхні на відстані, що перевищує в 5 раз і більше розміри приладів, що дає можливість характеризувати світлорозподіл кривими сили світла. Положення освітлювального приладу відносно розрахункової точки визначається координатами h_P, α, φ (рис. 3.2, а), де h_P – висота розташування світильника над освітлюваною поверхнею, α і φ – кути, що визначають напрям сили світла в розрахункову точку.

Положення симетричного освітлювального приладу, світлорозподіл якого характеризується одною і тією ж кривою сили світла в любій повздовжній площині, повністю визначається двома координатами: h_P та α.

При розташуванні освітлювального приладу на невеликій відстані до освітлюваної поверхні, порівнюваній з розміром приладу, останній не може розглядатися точковим і його світлорозподіл характеризується кривими рівної освітленості розрахункової поверхні.



а) б)

Рисунок 3.2 – Схеми до розрахунку освітленості від точкових та лінійних світлових приладів відносно розрахункової точки А.

Координати, що визначають положення:

а) точкового,

б) лінійного елементу, що світиться.

До другої групи елементів, які світяться, відносяться люмінесцентні світильники, розташовані безперервною лінією або лініями з розривами. Їх світлорозподіл характеризується кривими сили світла в повздовжній та поперечній площинах, віднесеними до одиниці довжини лінії, що світиться. Положення лінії, що світиться, відносно розрахункової точки визначається висотою підвісу h_P та двома кутами: кутом γ в поперечній до осі лампи площині, яка проходить через розрахункову точку та кутом φ, під яким видна лінія, що світиться, з розрахункової точки.

Поверхні, що світяться, представляють собою або установки відбитого світла, чи панелі, перекриті заглушеним склом, пластиковими чи рішітчатими розсіювачами. Розміри поверхні, яка світиться, мають при цьому порівнюватись з

відстанню до освітлюваної поверхні. Їх світлорозподіл характеризується розподілом яскравості в просторі і по поверхні, що світиться.

Після того, коли вибрані основні параметри освітлювальної установки, такі як освітленість, система освітлення, тип світильників та їх розташування, проводиться світлотехнічний розрахунок.

За результатами розрахунку освітленості допускається відхилення її значення від нормованого в межах – -10÷+20%.

Всі існуючі методи розрахунку освітлювальних установок можна розділити на дві групи:

- розрахунок за світловим потоком: методом коефіцієнту використання, методом питомої потужності;
- розрахунок точковим методом.

Світлотехнічний розрахунок вимагає в загальному випадку як розрахунку розподілу світлового потоку, безпосередньо падаючого від світильників на розрахункову поверхню, так і розрахунку багаторазового відбиття цього потоку між поверхнями, обмежуючими приміщення, що освітлюється. Сумарну освітленість в заданій точці розрахункової поверхні можна розглядати як суму двох складових:

$$E_p = E_{пр} + E_в,$$

де $E_{пр}$, $E_в$ – відповідно пряма та відбита складові освітленості.

Розподіл відбитої складової освітленості на розрахунковій поверхні, що створюється багаторазово відбитим потоком, практично рівномірний, розподіл же прямої складової залежить як від світлорозподілу світильників, так і від розміщення їх в освітлюваному просторі, і може бути суттєво нерівномірним. Тому середнє значення сумарної освітленості $E_c = \dfrac{\Phi_p}{S_p}$ не завжди може бути критерієм для розрахунку

необхідної потужності джерел світла. Тут $Ф_р$ – сумарний розрахунковий світловий потік, що падає на розрахункову поверхню площею $S_р$.

Виключенням є випадок, коли обидві складові освітленості і пряма, і відбита розподілені практично рівномірно. В цьому випадку для розрахунку середньої освітленості використовують коефіцієнт використання світлового потоку, під яким розуміють відношення світлового потоку, що падає на розрахункову площину $Ф_р$ до сумарного світлового потоку джерел світла:

$$\eta_{в.у.} = \frac{\Phi_{р.}}{n \cdot \Phi_л},$$

де $Ф_л$ – світловий потік джерела світла, лм,

n – кількість джерел світла.

Для розрахунку потужності освітлювальних установок поряд з методом коефіцієнта використання широко використовується метод питомої потужності, де під питомою потужністю розуміють відношення сумарної потужності джерел світла до площі освітлюваної поверхні

$$\omega = \frac{P_0}{S},$$

де ω – питома потужність, Вт/м^2; P_0 – сумарна потужність ламп, Вт; S – площа освітлення, м^2.

Цей метод дає дещо приблизне, зате більш просте вирішення задачі розрахунку встановленої потужності освітлювальної установки. В основі метода лежать наступні міркування. Основне розрахункове рівняння методу коефіцієнта використання світлового потоку можна записати, замінивши світловий потік лампи через потужність лампи $P_л$ та її світлову віддачу Н:

$$P_л \cdot H = \frac{E_н \cdot K_з \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta_{в.у.}}.$$

Вирішивши це рівняння відносно питомої потужності:

$$\omega = \frac{P_л \cdot n}{S} = \frac{E_н \cdot K_з \cdot Z}{\eta_{в.у.} \cdot H}.$$

Звідси видно, що питома потужність освітлювальної установки залежить від розрахункового значення освітленості $E_н$, $K_з$, типу джерела світла H, розміщення світильників Z та коефіцієнту використання освітлювальної установки $\eta_{в.у.}$, а значить від світлорозподілу та к.к.д. світильників, розмірів та відбиваючих властивостей поверхонь приміщення. Аналіз впливу цих факторів на величину питомої потужності дозволив скласти таблиці питомої потужності освітлювальних установок, виконаних за допомогою різних світильників. При цьому питома потужність вибирається в залежності від висоти приміщення, його площі, та рівня освітленості.

Методом користуються у всіх випадках, коли метод коефіцієнта використання є не прийнятним, наприклад, для вулиць особливого призначення, , а також у випадку перевірки освітленості окремих ділянок. Метод називається точковим тому, що дозволяє визначити потужність освітлювальної установки на основі розрахунку освітленості в любій точці робочої поверхні. При цьому вважають, що відбите світло не грає значної ролі. Він широко використовується при розрахунку освітлення конвеєрних ліній та галерей, охоронного освітлення, освітлення сходів, спусків, доріг, залізничних колій, підземних протяжних виробок і подібного. Метод дає хороші результати у випадках використання світильників прямого та переважно прямого світла.

Для виконання розрахунку освітлення попередньо вибирають тип світильників та варіант їх розміщення (висоту підвісу та відстань між ними). В загальному випадку точковий метод дозволяє знайти освітленість робочої поверхні,

довільно орієнтованої в просторі. В практиці проектування освітлювальних установок випадки розрахунку освітленості на похилих площинах зустрічається рідко, частіше виникає необхідність розрахунку освітлення або на поверхні, перпендикулярній осі симетрії світильника: горизонтальна освітленість, або на поверхні, паралельній їй: вертикальна освітленість. Це дає можливість спростити схему розрахунку.

Принцип розрахунку освітленості на горизонтальній та вертикальній поверхні від світильника з круглосиметричним світлорозподіленням наглядно ілюструється на рис. 3.3, де точка А на робочій поверхні, є точкою, в якій визначається освітленість.

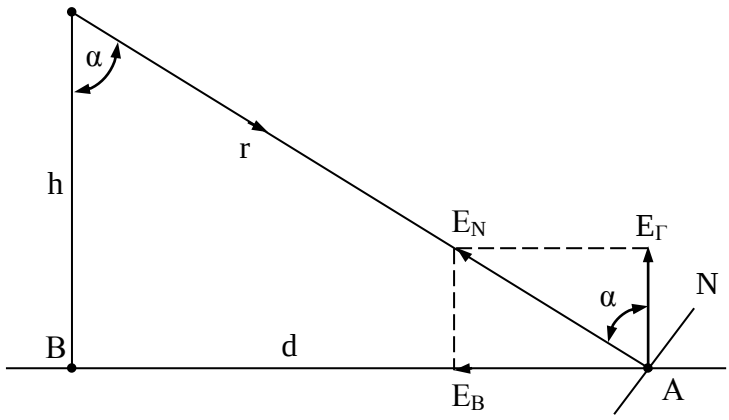


Рисунок 3.3 - Схема для розрахунку освітленості.

Освітленість E_N в точці А на площині перпендикулярній променю світла, що падає в цю точку, залежить від сили світла I_α в цьому напрямку та віддаленості r джерела до точки $E_N = \frac{I_\alpha}{r^2}$.

Освітленість в точці А на горизонтальній та вертикальній площині відповідно становить:

$$E_г = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \cos\alpha,$$

$$E_в = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \sin\alpha.$$

Для практичних розрахунків доцільно положення джерела світла (точка О) визначати через координати h, d та кута α. Тоді із трикутника АОВ можна знайти

$$\cos\alpha = \frac{h}{r}, \text{ тобто } r = \frac{h}{\cos\alpha}.$$

Тоді вище наведені залежності для освітленості можна представити

$$E_г = \frac{I_г \cdot \cos^3\alpha}{h^2},$$

$$E_в = \frac{I_\alpha \cdot \cos^2\alpha \cdot \sin\alpha}{h^2} = E_г \cdot tg\alpha.$$

Приймаючи до уваги, що криві розподілення сили світла світильників приводяться для умовної лампи з світловим потоком 1000 лм, для реальної лампи

$$I'_\alpha = c \cdot I_\alpha,$$

- де $c = \frac{\Phi_л}{1000}$, $\Phi_л$ – світловий потік реального джерела світла, лм.;

- I_α – сила світла в напрямі точки А за характеристиками світлорозподілу світильника.

Тоді остаточна залежність для розрахунку освітленості в точці А

$$E_г = \frac{c \cdot I_\alpha \cdot \cos^3\alpha}{h^2 \cdot k_3},$$

- де $K_З$ – коефіцієнт запасу, що враховує зниження світлового потоку в процесі експлуатації освітлювальної установки.

Освітленість в розрахунковій точці визначається від кожного світильника, тобто загальна освітленість в точці знаходиться як сума освітленостей $\sum E_г$ від всіх світильників.

Розрахунок вважається закінченим, якщо зберігається умова $E_{min} \geq \sum E_г$.

Практично розрахункова освітленість може відрізнятися від нормованого значення в межах -10÷+20%, якщо умова з такими припущеннями не виконується, необхідно скоректувати розташування світильників.

3.3 Технологічні особливості вибору видів проводів і способів їх прокладання.

Вид електропроводки, марку і спосіб прокладання кабелів вибираємо в залежності від призначення, умов оточуючого середовища, характеристики електроприймачів, вимог техніки безпеки, протипожежних правил та ін.

В якості електропроводки в даному приміщенні використовуємо проводи і кабелі з мідними жилами в ПХВ ізоляції.

Відповідно до ГОСТ 7399-97, ТУ-У-05758730.011-99 вибираємо проводи: ВВП-1, ПВ-1-3, ВВГнг.

ВВП-1 провід, див. рис.3.4 призначений для електричних установок на номінальну напругу до 380/660 В або постійну напругу до 1000 В включно. Для монтажу електричних ланцюгів в стінах, на дошках, в пустотних каналах будівельних конструкцій або закладення в штукатурку в сухих або сирих приміщеннях, для монтажу силових та освітлювальних мереж. В таблиці 3.1 показані основні технічні та експлуатаційні характеристики.

Ізоляція жил зроблена з полівінілхлоридного пластику (ПВХ). Ізольовані жили укладені паралельно, в одній площині. В таблицях 3.2 - 3.4 приведенні експлуатаційні характеристики проводів, де можливі вигини.

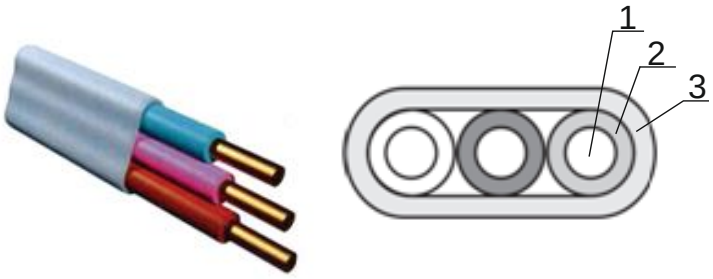


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд ВВП-1: 1- мідна однодротова струмопровідна жила; 2 - ізоляція з ПВХ пластикату; 3 - оболонка з ПВХ.

Таблиця 3.1

Основні технічні та експлуатаційні характеристики провідникової продукції

Номінальна напруга	до 380 В (250В - ПУНП)
Температура навколишнього середовища при експлуатації кабелю	від -25 ° С до +40 ° С
Відносна вологість повітря	(При температурі до +35 ° С) 98%
Гранична тривало допустима робоча температура	+70 ° С
Мінімально допустимий радіус вигину при прокладці	не менше 30 мм, ВВП - 10 найменших зовнішніх діаметрів дроту
Термін служби	6 років
Гарантійний термін експлуатації кабелю	2 роки

Таблиця 3.2.

Характеристики провідників для електричних установок для фіксованого монтажу, ВВП-1.

Число жил січення, шт./мм^2.	Зовнішні розміри дроту, мм.	Розрахункова маса дроту, кг/км.

2x1.0	4.7x7.4	44.7
2x1.5	5.4x8.4	60.0
2x2.5	6.2x9.8	90.4
3x1.0	4.7x9.8	64.7
3x1.5	5.4x11.5	88.0
3x2.5	6.2x13.5	132.6

Таблиця 3.3.

Характеристики проводу для електричних установок для ділянок, де можливі вигини ВВП-2.

Число жил січення, шт./мм^2.	Зовнішні розміри дроту, мм.	Розрахункова маса дроту , кг/км
2x1.0	4,8x7,8	46,9
2x1.5	5,6x6,8	64,1
2x2.5	6,6x10,5	96,1
2x4.0	7,2x11,5	133,5
2x6.0	8,0x13,0	182,7
2x10.0	9,6x16,0	293,6
3x1.0	4,8x9,6	68,3
3x1.5	5,6x11,3	93,9
3x2.5	6,6x13,6	141,3
3x4.0	7,4x16,5	202,0
3x6.0	8,0x18,0	271,0
4x2.5	6,6x17,9	186,6
4x4.0	7,2x20,5	267,2
5x2.5	6,6x21,6	231,8

Таблиця 3.4.

Провід для електричних установок для ділянок, де можливі часті вигини, ВВП-4.

Число жил січення, шт./мм^2.	Зовнішні розміри дроту, мм	Розрахункова маса дроту , кг/км
2х1.0	4,9х7,9	48,5
2х1.5	5,7х9,0	65,8
2х2.5	6,7х10,7	101,7

ПВ-1-3 – провід з мідною жилою з ізоляцією із ПВХ пластика, див. рис.3.5. Застосовуються для електричних установок при стаціонарній прокладці в освітлювальних і силових мережах, а також для монтажу електроустаткування, машин, механізмів і верстатів на номінальну напругу до 450 В, частотою 400 Гц.

Провід стійкий до впливу температури навколишнього середовища: від -50°С до +70 ° С.

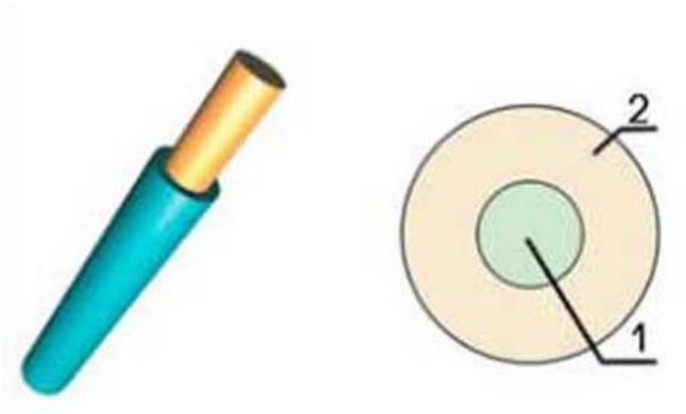


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд і схема проводу ВП-1-3:
1 – мідна однодротова струмопровідна жила; 2 – оболонка з ПВХ.

Технічні характеристики провідників:

- електричний опір ізоляції проводів при температурі 20° С, перерахований на 1 км довжини, не менше 10^6 Ом.
- провід експлуатуються при температурі навколишнього середовища до -50°С.
- монтаж проводів проводиться при температурі не нижче -15°С.
- радіус вигину при монтажі не менше п’яти діаметрів проводу марки ПВЗ і десяти діаметрів – для проводів інших марок.
- будівельна довжина проводів, не менше 100 м.
- не поширюють горіння при одиночній прокладці.
- термін служби проводів, не менше 15 років.

ВВГнг – силові кабелі призначені для передачі і розподілу електричної енергії в стаціонарних установках на номінальну змінну напругу 0,66 кВ та 1,0 кВ, при частоті 50 Гц або на постійну напругу в 2,4 рази більшу змінної напруги, див рис.3.6.

Кабелі виготовляються для експлуатації в районах з помірним, холодним і тропічним кліматом. Кабелі призначені для експлуатації на суші, ріках і озерах на висотах до 4300 м. над рівнем моря. Кабелі застосовуються для прокладки:

- в повітрі при відсутності небезпеки механічних ушкоджень у ході експлуатації;
- для прокладки в сухих або сирих приміщеннях, каналах, кабельних напівповерхами, шахтах, колекторах, виробничих приміщеннях, частково затоплюваних спорудах при наявності середовища зі слабкою, середньою та високою корозійною активністю;
- для прокладки на спеціальних кабельних естакадах, по мостах і в блоках;
- для прокладки в пожежонебезпечних приміщеннях;
- для прокладки у вибухонебезпечних зонах класу В-Іб, В-Іг, В-ІІ, В-ІІа;
- кабелі з мідними жилами застосовуються для прокладки групових освітлювальних мереж у вибухонебезпечних зонах класу В-Іа.

Допустимий нагрів струмопровідних жил в аварійному режимі не повинен перевищувати +80°С і тривалість роботи в аварійному режимі не повинна бути більше 8 годин на добу, але не більше 1000 годин за термін служби.

Термін служби кабелів – 30 років.

Групові освітлювальні щити встановлюємо у доступному та зручному для обслуговування місці згідно ПУЕ. Групові мережі виконати кабелем марки ВВГнг з прокладкою сховано під шаром штукатурки, проводом марки ПВ-1 з прокладкою в вініпластових трубах діаметром 20 мм, та в підготовці підлоги під заливку бетоном, проводом марки ВВП-1, з прокладкою сховано під шаром штукатурки.

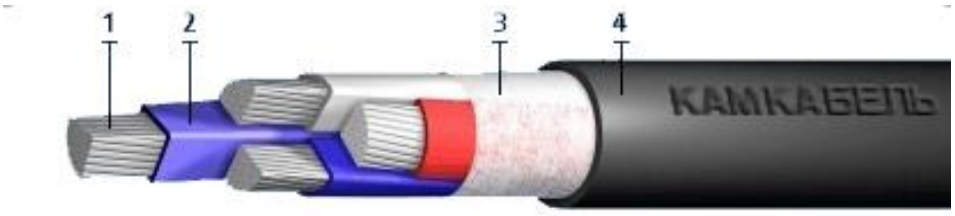


Рисунок 3.6 - Елементи конструкції:

1 – мідна жила;

2 – ізоляція із ПВХ пластика;

3 – обмотка з не тканинного полотна;

4 – оболонка з ПВХ пластика з пониженою горючістю.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір джерел світла по конструкційним та технічним параметрам для проектування вуличного освітлення

Приступаючи до розробки світлотехнічного проекту, потрібно вибрати джерела світла, які будуть використовуватися для освітлення частини вулиці Кардинала Сліпого, будівлі банку та прилеглої до неї території. Розглянувши різні типи ламп та світильників, вивчивши їхні характеристики та порівнявши їх між собою можна зупинити свій вибір на наступних типах ламп та світильників.

Для освітлення прилеглої території, а саме тротуарів і дороги, пропонується вибрати натрієві лампи високого тиску типу ДНаТ – OSRAM VIALOX NAV-T SUPER 4Y. Перевагами цих джерел світла, є велика світлова віддача (133лм/Вт) та набагато більший, ніж у інших джерел світла, термін служби (4 роки). Хоча головним недоліком натрієвих ламп є погана кольоропередача, проте економічний ефект від використання таких джерел є виправданий. Крім цього є можливість застосувати сучасний світлодіодний світловий прилад. Зображення та електротехнічні та світлотехнічні характеристики згаданих джерел світла, світильників приведені на плакатах, що додаються до роботи, тому не наводжу їх у пояснювальній записці.

В якості світлових приладів для вищесказаних джерел, є пропозиція вибрати світильники для вуличного освітлення типу ЖКУ16У, який можливо закріплювати на консольну опору та ЖСУ-21-250, що кріпиться на трос.

Для фасадного освітлення будівлі банку рекомендується обрати світлодіодну стрічку з світлодіодами червоного, зеленого та синього кольорів OSRAM LINEARlight Colormix Flex, яка з допомогою спеціального блоку керування, який входить в склад ПРА, здатна змінювати колір свічення, світитися всіма кольорами одночасно, а також виконувати різні ефекти затухання та спалахування. Крім цього варта уваги галогенна лампа OSRAM HALOLINE потужністю 150 Вт.

В якості світильника для галогенної лампи послужив світильник FOTON LIGHTING FL-03/S з асиметричним розподілом світлового потоку, що було необхідно для даної будівлі, тому що виступ на якому кріпляться дані світлові прилади має малу ширину. Знову ж таки, зображення, креслення та основні технічні характеристики наведено на плакатах до кваліфікаційної роботи, тому в тексті пояснювальної записки на цих питаннях не зупиняюся.

4.2 Розрахунок площі поперечного перерізу проводів мережі живлення системи підсвічування фасаду будівлі.

Схему живлення освітлювальної мережі зображено на рис. 4.1. Для визначення площі поперечного перерізу провідників у освітлювальній мережі використаємо наступні методи розрахунку провідників.

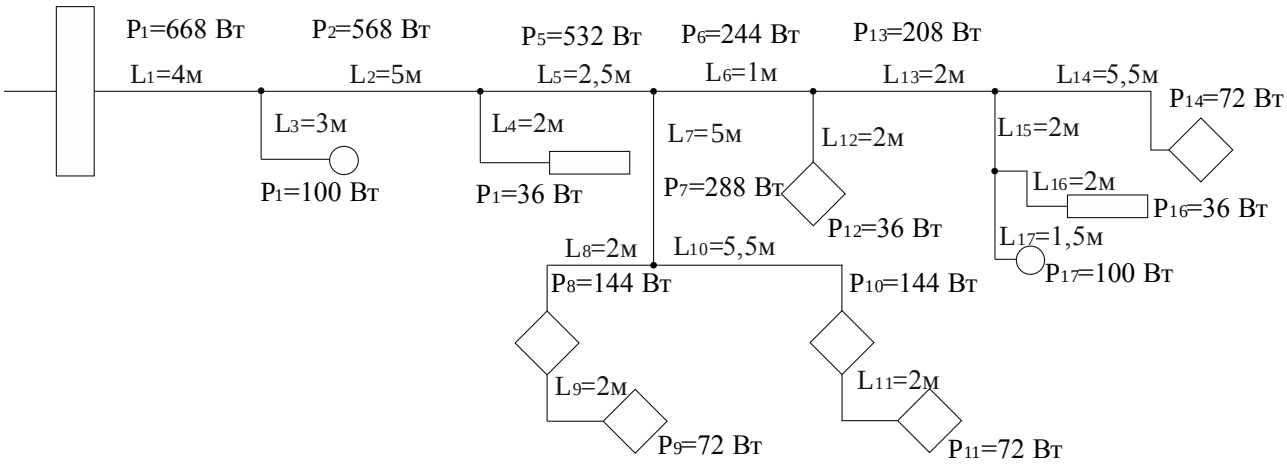


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема освітлювальної мережі.

Спершу розрахуємо площу поперечного перерізу провідників на мінімум провідникового матеріалу та допустимі втрати напруги освітлювальній мережі.

Визначаємо довжину кожної ділянки схеми освітлення мережі:

L_1=4м, L_2=5м, L_3=3м, L_4=2м, L_5=2,5м, L_6=1м ,L_7=5м ,L_8=2м, L_9=2м, L_{10}=5,5м ,L_{11}=2м, L_{12}=2м, L_{13}=2м, L_{14}=5,5, L_{15}=2м, L_{16}=1м, L_{17}=1,5м.

Розрахуємо моменти навантаження на кожній ділянці освітлювальної мережі:

$$M = P_i \cdot L_i;$$

де P_i - допустимі втрати,

L_i - довжина лінії.

$M_{17} = 0,1 \cdot 1,5 = 0,15$ кВт·м;

$M_{16} = 0,036 \cdot 1 = 0,036$ кВт·м;

$M_{15} = 0,136 \cdot 2 = 0,272$ кВт·м;

$M_{14} = 0,072 \cdot 5,5 = 0,396$ кВт·м;

$M_{13} = 0,208 \cdot 2 = 0,416$ кВт·м;

$M_{12} = 0,036 \cdot 2 = 0,072$ кВт·м;

$M_6 = 0,244 \cdot 1 = 0,244$ кВт·м;

$M_{11} = 0,072 \cdot 2 = 0,144$ кВт·м;

$M_{10} = 0,144 \cdot 5,5 = 0,792$ кВт·м.

$M_9 = 0,072 \cdot 2 = 0,144$ кВт·м;

$M_8 = 0,144 \cdot 2 = 0,288$ кВт·м;

$M_7 = 0,288 \cdot 5 = 1,44$ кВт·м;

$M_5 = 532 \cdot 2,5 = 1,33$ кВт·м;

$M_4 = 0,036 \cdot 2 = 0,072$ кВт·м;

$M_2 = 568 \cdot 5 = 2,84$ кВт·м;

$M_1 = 668 \cdot 4 = 2,672$ кВт·м;

$M_3 = 0,1 \cdot 3 = 0,3$ кВт·м;

Визначаємо площу поперечного перерізу провідників на кожній ділянці з формули:

$$S_i = \frac{M_i}{C \cdot \Delta U_{доп}};$$

Для випадку, що розглядається у роботі, коефіцієнт ***C*** для міді в однофазній мережі становить 12.

Допустимі втрати напруги у мережі приймаються рівними:

$$\Delta U_{доп} = 2,5\%.$$

$S_1 = \frac{2,672}{12 \cdot 2,5} = 0,09$ мм^2;

$S_2 = \frac{2,84}{12 \cdot 2,5} = 0,095$ мм^2;

$S_3 = \frac{0,3}{12 \cdot 2,5} = 0,01$ мм^2;

$S_4 = \frac{0,072}{12 \cdot 2,5} = 0,0024$ мм^2;

$S_5 = \frac{1,33}{12 \cdot 2,5} = 0,044$ мм^2;

$S_6 = \frac{0,244}{12 \cdot 2,5} = 0,008$ мм^2;

$S_7 = \frac{1,44}{12 \cdot 2,5} = 0,048$ мм^2;

$S_8 = \frac{0,288}{12 \cdot 2,5} = 0,0096$ мм^2;

$$S_9 = \frac{0,144}{12 \cdot 2,5} = 0,005\,\text{мм}^2; \qquad S_{10} = \frac{0,792}{12 \cdot 2,5} = 0,026\,\text{мм}^2;$$

$$S_{11} = \frac{0,144}{12 \cdot 2,5} = 0,005\,\text{мм}^2; \qquad S_{12} = \frac{0,072}{12 \cdot 2,5} = 0,0024\,\text{мм}^2;$$

$$S_{13} = \frac{0,416}{12 \cdot 2,5} = 0,014\,\text{мм}^2; \qquad S_{14} = \frac{0,396}{12 \cdot 2,5} = 0,013\,\text{мм}^2;$$

$$S_{15} = \frac{0,272}{12 \cdot 2,5} = 0,009\,\text{мм}^2; \qquad S_{16} = \frac{0,036}{12 \cdot 2,5} = 0,0012\,\text{мм}^2;$$

$$S_{17} = \frac{0,15}{12 \cdot 2,5} = 0,005\,\text{мм}^2;$$

Максимальне значення площі у цій групі $\boldsymbol{S_2}$=0,095 мм^2.

Вибирається найближчий регламентований переріз проводу, у нашому випадку, провідник марки ВВП – $\boldsymbol{S_{ном}}$=1,5 мм^2.

Визначаємо втрати напруги на живильній ділянці:

$$\Delta U = \frac{M_i}{C \cdot S_{ном}} = \frac{2,672}{12 \cdot 1,5} = 0,15\%$$

Наступний крок – визначення площі поперечного перерізу проводу на і-тій ділянці за формулою:

$$S_i = \frac{M_i}{C \cdot (\Delta U_{доп} - \Delta U_0)}$$

$$S_1 = \frac{2,672}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,095\,\text{мм}^2; \qquad S_2 = \frac{2,84}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,1\,\text{мм}^2;$$

$$S_3 = \frac{0,3}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,01\,\text{мм}^2; \qquad S_4 = \frac{0,072}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,0026\,\text{мм}^2;$$

$$S_5 = \frac{1,33}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,05\,\text{мм}^2; \qquad S_6 = \frac{0,244}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,009\,\text{мм}^2;$$

$$S_7 = \frac{1,44}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,05\,\text{мм}^2; \qquad S_8 = \frac{0,288}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,01\,\text{мм}^2;$$

$$S_9 = \frac{0,144}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,005\,\text{мм}^2; \qquad S_{10} = \frac{0,792}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,03\,\text{мм}^2;$$

$$S_{11} = \frac{0,144}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,005\,\text{мм}^2; \qquad S_{12} = \frac{0,072}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,003\,\text{мм}^2;$$

$$S_{13} = \frac{0,416}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,015\,\text{мм}^2; \qquad S_{14} = \frac{0,396}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,015\,\text{мм}^2;$$

$$S_{15} = \frac{0,272}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,01\,\text{мм}^2; \qquad S_{16} = \frac{0,036}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,0012\,\text{мм}^2;$$

$$S_{17} = \frac{0,15}{12 \cdot (2,5 - 0,15)} = 0,005\,\text{мм}^2.$$

Далі визначаємо допустимі втрати напруги на і-тій ділянці освітлювальної мережі:

$$\Delta U_2 = \frac{2,84}{12 \cdot 1,5} = 0,16\,\%; \qquad \Delta U_3 = \frac{0,3}{12 \cdot 1,5} = 0,017\,\%;$$

$$\Delta U_4 = \frac{0,072}{12 \cdot 1,5} = 0,004\,\%; \qquad \Delta U_5 = \frac{1,33}{12 \cdot 1,5} = 0,074\,\%;$$

$$\Delta U_6 = \frac{0,244}{12 \cdot 1,5} = 0,014\,\%; \qquad \Delta U_7 = \frac{1,44}{12 \cdot 1,5} = 0,08\,\%;$$

$$\Delta U_8 = \frac{0,288}{12 \cdot 1,5} = 0,016\,\%; \qquad \Delta U_9 = \frac{0,144}{12 \cdot 1,5} = 0,008\,\%;$$

$$\Delta U_{10} = \frac{0,792}{12 \cdot 1,5} = 0,044\,\%; \qquad \Delta U_{11} = \frac{0,144}{12 \cdot 1,5} = 0,008\,\%;$$

$$\Delta U_{12} = \frac{0,072}{12 \cdot 1,5} = 0,004\,\%; \qquad \Delta U_{13} = \frac{0,416}{12 \cdot 1,5} = 0,023\,\%;$$

$$\Delta U_{14} = \frac{0,396}{12 \cdot 1,5} = 0,022\,\%; \qquad \Delta U_{15} = \frac{0,272}{12 \cdot 1,5} = 0,015\,\%;$$

$$\Delta U_{16} = \frac{0,036}{12 \cdot 1,5} = 0,02\,\%; \qquad \Delta U_{17} = \frac{0,15}{12 \cdot 1,5} = 0,008\,\%;$$

Результати обчислень наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Результати розрахунків для вибору площі поперечного перерізу проводів для освітлювальної групи мережі

Момент навантаження відгалужень,	Розрахункова площа перерізу	Стандартна площа перерізу	Втрати напруги, %	Марка проводу

кВт·м		проводу, мм^2		проводу, мм^2		
M_1	2,672	S_1	0,09	1,5	0,15	ВВП
M_2	2,84	S_2	0,095	1,5	0,16	ВВП
M_3	0,3	S_3	0,01	1,5	0,017	ВВП
M_4	0,072	S_4	0,0024	1,5	0,004	ВВП
M_5	1,33	S_5	0,044	1,5	0,074	ВВП
M_6	0,244	S_6	0,008	1,5	0,014	ВВП

Визначаємо довжину кожної ділянки для всіх груп мережі: $L_{поч}$=0,5м, L_{N2}=5м, L_{N3}=25м, $L_{12.1}$=25м, $L_{12.2}$=25м, $L_{11.1}$=15м, $L_{11.2}$=25м, L_{14}=12м, L_{15}=12м, L_5=5м, L_{19}=5м, L_2=4м.

Розрахуємо моменти навантаження у кожній групі:

$$M_{поч} = 6,7 \cdot 0,5 = 3,35 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{N2} = 0,035 \cdot 5 = 0,175 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{N3} = 0,72 \cdot 25 = 18 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{12.1} = 0,255 \cdot 25 = 6,4 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{12.2} = 0,255 \cdot 25 = 6,4 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{11.1} = 1,6 \cdot 15 = 24 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{11.2} = 1,6 \cdot 15 = 24 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{14} = 1 \cdot 12 = 12 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{15} = 0,9 \cdot 12 = 10,8 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{19} = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{кВт} \cdot \text{м};$$

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

Визначаємо площу поперечного перерізу у кожній групі:

$$S_{поч} = \frac{3,35}{12 \cdot 2,5} = 0,1 \text{мм}^2;$$

$$S_{N2} = \frac{0,175}{12 \cdot 2,5} = 0,006 \text{мм}^2;$$

$$S_{N3} = \frac{18}{12 \cdot 2,5} = 0,6 \text{мм}^2;$$

$$S_{12.1} = \frac{6,4}{12 \cdot 2,5} = 0,21 \text{мм}^2;$$

$$S_{12.2} = \frac{6,4}{12 \cdot 2,5} = 0,21 \text{мм}^2;$$

$$S_{11.1} = \frac{24}{12 \cdot 2,5} = 0,8 \text{мм}^2;$$

$$S_{11.2} = \frac{24}{12 \cdot 2,5} = 0,8\,мм^2; \qquad S_{14} = \frac{12}{12 \cdot 2,5} = 0,4\,мм^2;$$

$$S_{15} = \frac{10,8}{12 \cdot 2,5} = 0,36\,мм^2; \qquad S_{5} = \frac{1,5}{12 \cdot 2,5} = 0,05\,мм^2;$$

$$S_{19} = \frac{3}{12 \cdot 2,5} = 0,1\,мм^2; \qquad S_{2} = \frac{1,2}{12 \cdot 2,5} = 0,04\,мм^2.$$

Вибираємо найближчий регламентований переріз проводу. Для провідників марки ВВП $S_{ном} = 1,5\,мм^2$, ВВГнг $S_{ном} = 1,5\,мм^2$, Sном=1,5мм^2, ПВ1 $S_{ном} = 1,5\,мм^2$.

Визначаємо втрати напруги у кожній групі мережі:

$$\Delta U_{поч} = \frac{3,35}{12 \cdot 1,5} = 0,19\%; \qquad \Delta U_{N2} = \frac{0,175}{12 \cdot 1,5} = 0,01\%;$$

$$\Delta U_{N3} = \frac{18}{12 \cdot 1,5} = 1\%; \qquad \Delta U_{12.1} = \frac{6,4}{12 \cdot 1,5} = 0,36\%;$$

$$\Delta U_{12.2} = \frac{6,4}{12 \cdot 1,5} = 0,36\%; \qquad \Delta U_{11.1} = \frac{24}{12 \cdot 1,5} = 1,33\%;$$

$$\Delta U_{11.1} = \frac{24}{12 \cdot 1,5} = 1,33\%; \qquad \Delta U_{11.2} = \frac{24}{12 \cdot 1,5} = 1,33\%;$$

$$\Delta U_{14} = \frac{12}{12 \cdot 1,5} = 0,67\%; \qquad \Delta U_{15} = \frac{10,8}{12 \cdot 1,5} = 0,6\%;$$

$$\Delta U_{5} = \frac{1,5}{12 \cdot 1,5} = 0,08\%; \qquad \Delta U_{19} = \frac{3}{12 \cdot 1,5} = 0,17\%;$$

$$\Delta U_{2} = \frac{1,2}{12 \cdot 1,5} = 0,07\%.$$

Результати можна звести у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Результати вибору площі поперечного перерізу проводів для груп у щитовій

Момент навантаження відгалужень,	Розрахункова площа перерізу	Вибрана площа перерізу	Втрати напруги, %	Марка проводу

кВт·м		проводу, мм^2		проводу, мм^2		
M_{N2}	0,174	S_{N2}	0,006	1,5	0,01	ВВП
M_{N3}	18	S_{N3}	0,6	2,5	1,0	ВВП
$M_{12.1}$	6,4	$S_{12.1}$	0,21	1,5	0,36	ПВ
$M_{12.2}$	6,4	$S_{12.2}$	0,21	1,5	0,36	ПВ
$M_{11.1}$	24	$S_{11.1}$	0,8	1,5	1,33	ВВП
$M_{11.2}$	24	$S_{11.2}$	0,8	1,5	1,33	ВВП
M_{14}	12	S_{14}	0,4	1,5	0,67	ВВП
M_{15}	10,8	S_{15}	0,36	1,5	0,6	ВВГнг
M_{5}	1,5	S_{5}	0,05	1,5	0,08	ВВП
M_{19}	3	S_{19}	0,1	1,5	0,17	ВВП
M_{2}	1,2	S_{2}	0,04	1,5	0,07	ВВП
$M_{поч}$	3,35	$S_{поч}$	0,1	6	0,19	ПВ

4.3 Висновки до розділів 3, 4

За результатами експериментальних і теоретичних досліджень можна запропонувати наступні висновки:

- проведений розрахунок електричної мережі установки вуличного освітлення свідчить про обов’язковість передбачати використання, крім освітлювальних трансформаторів, комутаційної та захисної апаратури, особливо при використанні світлодіодних джерел світла, блоки живлення яких чутливі до перепадів параметрів струму та напруги;

- світлотехнічний розрахунок рівнів освітленості дорожнього покриття, тротуарів можна рівноцінно проводити методами коефіцієнта використання світлового потоку та точковим, хоча освітній більш трудомісткий;

- при виборі світлових приладів для освітлювальної установки потрібно віддавати перевагу сучасним енергоекономним світлодіодним світильникам, які по своїх світлотехнічних характеристиках аналогічні до традиційних, а, часом, мають навіть кращі електротехнічні параметри;

- для архітектурно-ландшафтного а, тим більше, підсвічування особливих площ фасадів будинків рекомендується використання світлодіодних стрічок, декоративних світлових приладів, які б органічно вписувалися в збалансоване світлове середовище сучасного міста.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Вибір комутаційної і захисної апаратури.

Проведемо розрахунок і вибір автоматичного вимикача згідно умов:

– по номінальній напрузі автомата:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.м.},$$

де $U_{н.а.}$ – номінальна напруга автомата, В;

$U_{н.м.}$ – номінальна напруга мережі, В, $U_{н.м.}$=220 В;

– по номінальному струму автомата:

$$I_{н.а.} \geq I_{p\,i},$$

де $I_{н.а.}$ – номінальний струм автомата, А;

$I_{p\,i}$ – номінальний розрахунковий струм групи;

$I_{н.розч.}$– за струмом розгалуження:

$$I_{н.розч.} \geq I_{p\,i} \cdot k_н,$$

де $k_í$ – коефіцієнт надійності, який враховує розкид за струмами спрацювання роз’єднувача, $k_í$ =1;

Дані обчислень приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Результати вибору автоматичних вимикачів для освітлювальних груп

Ділянка	Тип роз’єднувача	$I_{н.а.}$	Відповідність	$I_{p\,i}$
N1	S191-C6	6	>	3,1
N2	S191-C6	6	>	0,5
N3	S191-C6	6	>	4,5

Продовження таблиці 5.1

12.1	S191-C6	6	>	1,4

12.2	S191-C6	6	>	1,4
11.1	S191-C16	6	>	7,2
11.2	S191-C16	6	>	7,2
14	S191-C6	6	>	4.5
15	S191-C6	6	>	4.5
5	S191-C6	6	>	1,4
19	S191-C6	6	>	2,7
2	S191-C6	6	>	1,4
Диференційне реле	F362-B40/0,03	40	>	35
Ввідний автомат	S191-C50	50	>	35

Рисунок 3.5 – Вигляд автомата серії S191 – C6,C16,C50

Освітлювальні розподільчі пристрої вибираємо за умовами навколишнього середовища, в яких їм належить працювати, по конструктивному виконанню в залежності від схеми мережі і числа відхідних груп, апаратури керування і захисту, установленої в пристрої. Вибираємо груповий освітлювальний щиток навісного виконання типу RL-24.

На рис. 5.1 показано ввідний автомат серії S 191, який використано у проекті.

Технічні характеристики ввідного автомату:

- номінальний струм 0,5 А-63 А;

- номінальна напруга 220 В/400 В;
- мінімальне значення робочої напруги 12 В;
- максимальне значення робочої напруги 440 В
- клеми для кабелю 25 мм^2;
- вага 123 г;
- струм миттєвого роз'єднання типу В: понад $3 \cdot I_{ном}$ до $6 \cdot I_{ном}$.

Диференційне реле типу F 362–B40 із струмом витоку 30 мА зображено на рис. 5.2.

Рисунок 5.2 – Диференційне реле F 362–B40

Для керування світловими приладами підсвічування фасаду будівлі банку, розташованого на вулиці Кардинала Сліпого, використовують програмоване реле часу типу ПРВ–5, зображене на рис. 5.3.

Принцип дії його надзвичайно спрощений. У програмованому реле часу ПРВ-5 використовується мікроконтроллер PIC фірми MICROCHIP і годинник реального часу з автономним живленням від літієвої батарейки.

В якості вихідного пристрою застосовано електромагнітне реле.

Рисунок 5.3 - Реле часу програмоване типу ПРВ–5

Дане реле часу дозволяє здійснити наступні функції:

- включення, або відключення/включення, або відключення різних споживачів електроенергії у визначений користувачем момент реального часу;
- відображення годинника реального часу і установок на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі;
- управління виконавчим пристроєм (реле);
- збереження установок при відключенні живлення.

5.2 Перевірка вибраної площі перерізу проводів за умовами нагріву і механічної стійкості.

Перевірка за умовою нагріву виконується по наступній умові:

$$I_p \leq I_{тр.доп.},$$

де $I_{тр.доп.}$ – тривало допустимий струм

Тривало допустимий струм має наступні значення для площ перерізу проводів, які використовуємо для проектування мережі живлення установки для підсвічування фасаду будівлі банку. Вони занесені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2.

Тривало допустимий струм і площа перерізу проводів.

Марка проводу	Переріз	Тривало допустимий струм, А
ВВП – 1 (3× 1,5)	S = 1,5мм^2	$I_{тр.доп.} = 15$ А

ПВ – 1 (3× 1,5)	S = 1,5мм^2	$I_{тр.доп.} = 17$ А
ПВ – 1 (1× 6)	S = 6мм^2	$I_{тр.доп.} = 42$ А
ВВП – 1 (3× 2,5)	S = 2,5мм^2	$I_{тр.доп.} = 21$ А
ВВГнг-3(3× 1,5)	S = 1,5мм^2	$I_{тр.доп.} = 21$ А

Визначаємо значення розрахункових струмів для кожної ділянки за формулою:

$$I_{p0} = \frac{P_{p0}}{U_{фн} \cdot \cos\varphi},$$

де, $U_{фн}$ – фазна напруга, $U_{фн}$=220 В;

cos(φ) – коефіцієнт потужності, вибираємо згідно типових значень для кожного із приймачів.

$$I_{pN1} = \frac{650}{220 \cdot 0,95} = 3,1 \text{ А}; \qquad I_{pN2} = \frac{100}{220 \cdot 0,95} = 0,25 \text{ А};$$

$$I_{pN3} = \frac{800}{220 \cdot 0,95} = 4,5 \text{ А}; \qquad I_{p12.1} = \frac{255}{220 \cdot 0,9} = 1,4 \text{ А};$$

$$I_{p12.2} = \frac{255}{220 \cdot 0,9} = 1,4 \text{ А}; \qquad I_{p11.1} = \frac{1600}{220 \cdot 0,95} = 7,2 \text{ А};$$

$$I_{p11.2} = \frac{1600}{220 \cdot 0,95} = 7,2 \text{ А}; \qquad I_{p14} = \frac{1000}{220 \cdot 0,98} = 4,5 \text{ А};$$

$$I_{p15} = \frac{900}{220 \cdot 0,8} = 4,5 \text{ А}; \qquad I_{p5} = \frac{300}{220 \cdot 0,85} = 1,4 \text{ А};$$

$$I_{p19} = \frac{600}{220 \cdot 0,7} = 2,7 \text{ А}; \qquad I_{p14} = \frac{300}{220 \cdot 0,74} = 1,4 \text{ А}.$$

Результати попередніх обчислень заносимо в табл. 5.3.

Таблиця 3.8

Результати перевірки площі перерізу проводів за умовами нагріву.

Ділянка	Розрахунковий струм, А	Відповідність	Тривало допустимий струм, А

N1	3,1	<	15
N2	0,5	<	15
N3	4,5	<	21
12.1	1,4	<	17
12.2	1,4	<	17
11.1	7,2	<	15
11.2	7,2	<	15
14	4,5	<	15
15	4,5	<	15
5	1,4	<	15
19	2,7	<	15
2	1,4	<	15
Диф. Реле.	35	<	42
Ввідний автомат	35	<	42

ПУЕ регламентує мінімальний переріз встановлених проводів в залежності від матеріалу та способів його прокладання. Для мідних проводів прокладених у зовнішній штукатурці будівлі та вінілопластових трубах поперечний переріз проводів становить 1,5 мм^2, для мережі групи підсвічування приймаємо $S_{ном}$=2,5 мм^2 згідно ПУЕ.

Таким чином, проводи відповідають умовам механічної міцності.

Проводячи аналіз попередніх методів розрахунку поперечного перерізу проводів визначаємо найближче регламентоване значення проводів для кожної із груп:

N1 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2,

N2 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2,

N3 – ВВП-1 – $S_{ном}$=2,5мм^2,

12.1 –ПВ-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

12.2 –ПВ-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

11.1 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

11.2 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

14 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

15 – ВВГнг – $S_{ном}$=1,5мм^2

5 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

19 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

2 – ВВП-1 – $S_{ном}$=1,5мм^2

Поч. –ПВ-1 – $S_{ном}$=6 мм^2

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Наші міста і вулиці останнім часом стають дедалі все більш красивими та затишними завдяки використанню новітніх дизайнерських розробок в архітектурному, вуличному і зовнішньому освітленні. Нічне місто купається в морі світла - зовнішнє освітлення несе в собі відразу дві цілі, головною з яких є створення комфорту та безпеки на нічних вулицях міста. У той же час зовнішнє освітлення має і декоративне призначення – вуличні світильники, ліхтарі і цілі комплекси світла створюють незвичайну атмосферу, перетворюють нічне місто, вносять до нього романтику і дивовижну красу.

За загальноприйнятою думкою, крім естетичного чинника освітлення забезпечує додаткові маркетингові переваги, що впливає на вартість об’єкта. До того ж цікаве світлове рішення може привернути додаткову увагу як до самого будинку, так і до тих організацій, які в ньому розташовані.

Фахівці вважають, що у комерційній нерухомості вдалий світлодизайн – це один із секретів успішної здачі в оренду бізнес-центру: після грамотно виконаних робіт з світлового оформлення вартість оренди може зрости на 20-30%.

Економічна ефективність нової техніки мусить базуватися на оптимальних рішеннях, прийнятих, в першу чергу, виходячи з народногосподарських інтересів по критеріях, які відповідають цілям суспільної промисловості і органічно зв’язаних із законом соціального господарювання: досягнення в інтересах суспільства найбільших результатів при найменших затратах.

Саме підсвічування є частиною архітектурної концепції будинку, тому вартість світлового оформлення варіюється в залежності від складності архітектури. Вважається, що це одна з найбільш безвитратних статей у бюджеті спорудження будівлі. Вартість розробки проекту архітектурного освітлення будівлі залежить від площі фасаду і, за різними оцінками, може

коливатися від 50 000 грн. до 300 000 грн. Варто враховувати, що бюджет проекту також залежить від типу підсвічування, вартості монтажу, ціни використовуваних ламп і т. д. Відповідно, чим вище клас будівлі, тим більше дорогі прилади і системи використовуються в його підсвічуванні.

Додатково слід очікувати витрати на експлуатацію обладнання. Приблизно один раз на п’ять років буде потрібно реконструкція встановленої системи освітлення, а в міру зносу – заміна ламп і арматури.

Критерієм народногосподарської економічної ефективності є економія затрат суспільної праці, що рівноцінно росту ефективності всієї узагальнюючої праці. Водночас з критеріями важливо правильно визначити показники економічної ефективності нової техніки. Економічна ефективність нової техніки оцінюється за допомогою вартості і натуральних показників. До вартісних показників відносяться капітальні вкладення, рентабельність виготовлення, економія приведених затрат і інші.

6.1. Розрахунок затрат на виготовлення установки підсвічування.

Затрати на виробництво нової установки включають в себе наступні статті:

Сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів);

куповані напівфабрикати і комплектуючі прилади;

паливо і енергія на технологічні цілі;

основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників;

нарахування на зарплату (органам соціального страхування, в фонд зайнятості);

витрати на підготовку і освоєння виробництва;

витрати на експлуатацію і утримання обладнання;

цехові (загальновиробничі) витрати;

заводські (загальногосподарські) витрати;

інші виробничі витрати;

позавиробничі витрати.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін за формулою:

$$М_з = \Sigma H_{Mi} \cdot Ц_{oi},$$

де, H_{Mi} – норма затрат і-х сировини і матеріалів на установку; $Ц_{oi}$ – оптова ціна за одиницю і-го матеріалу; n – кількість найменувань сировини і матеріалу.

Із визначеної суми затрат вираховуємо величину повернутих відходів (2-3% від затрат сировини і матеріалів). До отриманого результату додаємо транспортно-заготівельні затрати на рівні 10% прейскурантної вартості.

Затрати енергії на технологічні цілі розраховуються за формулою:

$$З_{ET} = \sum_{i=1}^{n} H_{ei} \cdot T_{ei}$$

де $З_{em}$–затрати на енергію, яку використовують в технологічних цілях;

H_{ei} – норма витрат *і*-го виду енергії на виготовлення одного приладу;

T_{ei} – тариф за одиницю витрат і-тих видів енергії;

n – кількість видів енергії.

Для нашого випадку n=2 (використовується електроенергія і природний газ).

H_{e1}=100 кВт*год.;

T_{e1}=0,25 грн./(кВт*год.);

H_{e2}=20 м^3;

T_{e2}=0,35 грн./(м^3);

$З_{em}$=100·0,25+20·0,35=32 грн.

Затрати на основну заробітну плату виробничих робітників, що зайняті у виготовленні установки, визначаються на основі даних про трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників за формулою:

$$З_o = \Sigma T_i \cdot T_{ci} \cdot K_д \text{ (}i\text{ змінюється від 1 до }n\text{)},$$

де: $З_о$ – затрати на основну зарплату; T_i – трудомісткість інших видів робіт по виготовленню приладу; T_{ci} – величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові інших видів робіт; $К_д$ – коефіцієнти доплат, що входять до основної заробітної плати (премії, доплати за роботу в нічний час, доплати незвільненим бригадирам і т.п.); n – кількість видів робіт.

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові інших видів робіт визначається за формулою:

$$T_{ci} = T_{c1} \cdot T_{кс},$$

де: T_{c1} – величина тарифної ставки 1-го розряду;

$T_{кс}$ – середній тарифний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$T_{кс} = \Sigma (К_i \cdot T_{ij}) / \Sigma T_{ij} (i \text{ змінюється від 1 до } p),$$

де: $К_i$ – тарифні коефіцієнти і-х розрядів; T_{ij} – трудомісткість і-х робіт j-х розрядів; р – кількість розрядів.

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати приймаємо рівним 1,35.

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної зарплати, і приймаємо її рівною 10% від основної.

До витрат на підготовку і освоєння виробництва відносяться витрати на проектування, розробку техпроцесу, проектування інструменту і технологічної оснастки та інше. Розрахунок витрат на підготовку і освоєння виробництва ведемо в такій послідовності.

Визначаємо чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва за формулою:

$$Чпт = Тпп / (Бч\ Квн),$$

де *Чпт* – чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва;

Тпп – трудомісткість технічної підготовки виробництва. *Тпп*=1660 год.;

Квн – коефіцієнт виконання норм часу працівниками. *Квн*=1,1;

Бч – плановий річний бюджет часу одного працівника за два місяці буде становити *Бч*=310 год.

$$Чпт=1660/(310\cdot1,1)=4,86 \text{ чоловік.}$$

Приймаємо $Чпт$=5 чоловік.

Розраховуємо суму зарплати працівників за окладами:

$$Зп_о = \Sigma O_i \cdot Ч_{пті} \cdot 2,$$

$$Зпо= 4200\cdot5\cdot2=42000 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину основної і додаткової зарплати працівників:

$$Зп_{од} = Зп_о \cdot (1 + К_д) = 1200 \cdot (1 + 0,15) = 7380 \text{ грн.}$$

Знаючи питому вагу (процентне співвідношення) основної і додаткової зарплати в зарплатах на підготовку і освоєння установки-аналога, величина затрат на підготовку і виробництво нової установки визначається за формулою:

$$Зп_о = Зп_{од} \cdot 100 / З_{гв} = 1380 * 100 / 30 =4600 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію обладнання приймаємо на рівні 200% від основної зарплати робітників.

Аналогічно: цехові затрати – 160%; загальнозаводські затрати – 210%. Інші виробничі затрати приймаємо на рівні 2% від заводської собівартості, позавиробничі затрати – 1% цієї собівартості. Відрахування соцстраху, пенсійний фонд та фонд зайнятості приймаємо рівним 19,5%.

Лімітна ціна – це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нової установки, відображає покращення його споживчих властивостей в порівнянні із зразками, що заміняються і зацікавлює споживача нового приладу в його використанні. Вона розраховується за формулою:

$$Ц_л = С_{мп} + П_н,$$

де $С_{мп}$ – максимальний рівень повної собівартості нової установки;

$П_н$ – нормативна величина прибутку.

Приймаємо $П_н = 0,15 \cdot С_{пн}$, де $С_{пн}$ – повна собівартість нової установки.

Максимальний рівень повної собівартості нової установки дорівнює:

$$C_{мп} = 0{,}85 \cdot C_{па} \cdot П_к,$$

де $C_{па}$ – повна собівартість установки-взірця, що замінюється новим;

0,85 – нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нової установки.

Лімітна ціна нової установки складе:

$$Ц_л = C_{мп} + П_н = 0{,}85 \cdot C_{па} \cdot П_к + 0{,}15 \cdot C_{пн}$$

де $П_к$ = 1,52 - комплексний показник якості нової установки.

Тоді отримаємо: $Ц_л = 0{,}85 \cdot 6900 \cdot 1{,}35 + 0{,}15 \cdot 6770{,}80 = 8933$грн.

Визначаємо затрати на експлуатацію за один рік його експлуатації за формулою:

$$З_{еп} = ПЗ_{ев} + К_t - Л_t,$$

де $ПЗ_{ев}$ – поточні затрати по експлуатації установки за 1 рік; $К_t$ – разові (капітальні) затрати при використанні установки за цей же період. Ці затрати складаються із його оптової ціни з врахуванням затрат на доставку і монтаж в розмірі 10%:

для базової установки: $Ц_б = C_{па} + 0{,}15 \cdot C_{па} = 1{,}15 \cdot 6900 = 7935$ грн.

$$К_t^б = 1{,}1 \cdot Ц_б = 1{,}1 \cdot 7935 = 8728{,}5 \text{ грн.}$$

для нової установки: $Ц_н = C_{па} + 0{,}15 \cdot C_{па} = 1{,}15 \cdot 6770 = 7785$ грн.

$$К_t^н = 1{,}1 \cdot Ц_н = 1{,}1 \cdot 7785 = 8564 \text{ грн.}$$

$Л_t$ – залишкова вартість установки на кінець першого року експлуатації:

- для базового варіанту: $Л_t^б = Ц_б - К_а \cdot Ц_б$, де $К_а$ = 11% – норма амортизаційних відрахувань.

$$Л_t^б = (1 - 0{,}11) \cdot 7935 = 7062 \text{ грн.}$$

- для нової установки: $Л_t^н = (1 - 0{,}11) \cdot 7785 = 6928$ грн.

Величина поточних експлуатаційних затрат за рік служби установки складається з таких статей:

$$ПЗ_{ев} = З_{мо} + З_{мд} + З_{зп} + З_е + З_р + З_і + З_б + З_п + З_{уп},$$

де $З_{мо}$ – затрати на основні матеріали за рік; $З_{мд}$ – затрати на допоміжні матеріали; $З_{зп}$ - затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням;

$З_е$ – затрати по всіх видах енергії як установки, так і технологічного процесу, де застосовується установку; $З_р$ – затрати на ремонт установку і

технологічного обладнання, якщо використання установки вплинуло на виробничий процес; $З_і$ – затрати на інструмент, використаний для обробки і вимірювання; $З_б$ – затрати від браку на першому році експлуатації; $З_п$ – затрати на періодичні перевірки і наладку установки; $З_{уп}$ – умовно-постійні затрати на перший рік експлуатації установки.

При експлуатації розрахунку поточних затрат по експлуатації установки враховуємо наступні фактори:

визначаємо затрати на основну і додаткову зарплату для базової установки по формулі:

$$З_{зп}^{б} = (t_1/60) \cdot ТС_i \cdot (1+К_{до}) \cdot (1+К_{дд}) \cdot (1+К_{вз}) \cdot П_1,$$

Тоді для базового варіанту отримуємо:

$З_{зп}^{б}$ = 2/60·6,84·(1+0,4)·(1+0,11)·(1+0,37)·2500=1212,3 грн.

Для проектного варіанту отримуємо:

$З_{зп}^{н}$ = 0,1/60·6,84·(1+0,4)·(1+0,11)·(1+0,37)·3500 =84,94 грн.

Розраховуємо затрати на електроенергію за формулою:

$$З_е = М_1 \cdot (t_1/60) \cdot П_1 \cdot Е_е,$$

де $М_1$ = 1,8 кВт – потужність, яку споживає базову установку ($М_2$ = 0,3 кВт - потужність, яку споживає нова установка).

Для базової установки: $З_е^{б}$ = 0,1 · (2/60) · 2500 · 0,25 = 2,13 грн.

Для нової установки: $З_е^{н}$ = 0,3 · (0,1/60) · 3500 · 0,25 = 0,54 грн.

Затрати на ремонт установки і технологічного обладнання обраховується за формулою:

$$З_р = З_{рп} + З_{ро},$$

де $З_{рп}$ – затрати на ремонт установки; $З_{ро}$ – затрати на ремонт технологічного обладнання.

Затрати на ремонт базової установки приймаємо в процентах від його оптової ціни: $З_р^{б} = 0,09 \cdot Ц_б = 0,09 \cdot 6900 = 621$ *грн.*

Для базової установки: $З_{рп}^{б} = З_р^{б} \cdot П_2/П_1 \cdot К_{пн} \cdot К_{еф},$

де $К_{пн}$ – коефіцієнт, що характеризує зростання продуктивності робочого процесу, в якому використані нової установки підвищеної надійності;

$K_{пн}=1,2$; $K_{еф}$=1,1 – коефіцієнт, який характеризує долю зменшення затрат на ремонт нової установки при підвищенні її надійності.

$З_{рп}^{б}$ = 621 · 3500/2500 · 1,2 · 1,1 = 1147,61 грн.

Для нової установки: $З_{рп}^{н}$ = 0,09· $Ц_{л}^{н}$ = 0,09 · 6770 = 609 грн.

Сумарні затрати на ремонти складають:

для базової установки: $З_{р}^{б}$ = 621 грн.

для нової установки: $З_{р}^{н}$ = 609 грн.

Затрати на періодичні повірки освітлювальної системи визначаємо на основі прейскуранту Держстандарту.

- для базової установки: $З_{п}^{б} = Н_{п} \cdot З_{пп}^{б} \cdot П_2/П_1$ = 1 · 15,8 · 3500/2500 = 22,12 грн. де $Н_{п}$ – кількість перевірок на рік; $З_{пп}^{б}$ – затрати на одну перевірку приладу.

- для нової установки: $З_{п}^{н} = Н_{п} \cdot З_{пп}^{н}$ = 1· 22,12 = 22,34 грн.

Величина умовно-постійних затрат з врахуванням зростання продуктивності нової установки визначається за формулою:

для базової установки: $З_{п}^{б} = З_{уп}' \cdot (П_2/П_1 – (П_2/П_1 – 1) \cdot К_{уп})$,

де $З_{уп}'$ – величина умовно-постійних затрат без врахування приросту продуктивності нової установки; $К_{уп}$ – коефіцієнт, який враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нової установки.

$З_{п}^{б}$ = 68,4 · (3500/2500 – (3500/2500 – 1) · 0,6) = 79,34 грн.

для нової установки: $З_{п}^{н} = З_{уп}'$ = 68,4 грн.

Визначаємо сумарні поточні затрати на експлуатацію установки, сумуючи величини, розраховані в попередніх підрозділах:

для базового варіанту: $ПЗ_{ев}$=1212,3+2.13+621+1147+621+79=3682,43 грн.

для проектного варіанту: $ПЗ_{ев}$=84,94+0,54+609+22,34+68,4=785,22 грн.

З врахуванням разових капітальних затрат за мінусом залишкової вартості, одержимо:

для базової установки: $З_{еп}^{б}$ =3682,43 +7935-7078 =4539 грн.

для проектної установки: $З_{еп}^{н}$ = 785,22 +7785-6928= 1642грн.

6.2 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації установки підсвічування.

Економічний ефект від виготовлення установки розраховуємо за формулою:

$$Е_в=(Ц_н – З_{нв})–(Ц_б – З_{бв})=(7935-7062)–(7785,13-6928) = 16 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від експлуатації установки визначаємо за формулою:

$$Е_е = З_{еп}^{б} \cdot Т_{С1}/ Т_{С2} - З_{еп}^{н},$$

де $Т_{С1}, Т_{С2}$ – строки служби відповідної базової і нової установки.

Строк служби установки визначається за формулою:

$$Т_с = 100 \cdot (П_в + В_д – Л_в)/ П_в \cdot Н_а,$$

де $П_в$ – початкова вартість установки, яка визначається оптовою ціною з включенням до неї затрат на доставку і монтаж в розмірі 10% від ціни.

$$П_в^{б} = 7935\cdot 1,1 = 8728.5 \text{ грн. } П_в^{н} = 7785 \cdot 1,1 = 8563.5 \text{ грн.}$$

$В_д$ - вартість демонтажу (приймаємо 1% від оптової ціни);

$$В_д^{б} = 8728.5 \cdot 0,01 = 87 \text{ грн. } В_д^{н} = 14817,13 \cdot 0,01 = 85 \text{ грн.}$$

$Л_в$ - ліквідаційна вартість (2% від оптової ціни);

$$Л_в^{б} = 8728.5 \cdot 0,02 = 174 \text{ грн. } Л_в^{н} = 14817,13 \cdot 0,02 = 170 \text{ грн.}$$

$Н_а$ = 11%– норма амортизації. Тоді отримаємо:

$$Т_{С1} = (8728,5+87-174)/ 8728,5/0,11 = 9 \text{ років.}$$

$$Т_{С2} = (8563+87-174)/8563/0,11 = 8,9 \text{ років.}$$

Економічний ефект від експлуатації установки складає:

$$Е_е = 3830\cdot 8,9/9 – 1592= 1368,37 \text{ грн}$$

Загальний економічний ефект від виробництва і експлуатації установки становить: $Е_{ве} = Е_в + Е_е = 82,97 + 1368,37 = 2153$ грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.1 Захист електроустановок від короткого замикання, перевантажень.

При проектуванні та експлуатації будь-якої електроенергетичної системи доводиться рахуватись з можливістю виникнення в ній пошкоджень і ненормальних режимів роботи. Найбільш поширеними і в той же час найбільш небезпечними видами пошкоджень в ній являються короткі замикання.

Одним із основних видів ненормальних режимів роботи є перевантаження. В перевантаженому елементі виникають струми, які перевищують допустимі для нього значення. Температура струмопровідних частин може при цьому підвищуватись, самі вони можуть деформуватись, а їх ізоляція пришвидшено зношуватись.

За умовами забезпечення безперебійної роботи непошкодженої частини системи час відключення короткого замикання повинен бути по мірі можливості якомога меншим, складаючи десяті, а інколи і сотні долі секунди. Персонал, який працює з електрообладнанням, не має можливості так швидко відключити пошкоджений елемент від загальної системи. Тож для надійної роботи енергосистем, електроустановки забезпечуються автоматично діючими пристроями. Вони називаються релейним захистом. Основним призначенням релейного захисту є відключення пошкоджених елементів від енергосистеми, а додаткове призначення – це недопущення тривалих перевантажень.

Реле – основний елемент релейного захисту, яке при заданій величині зовнішнього явища (струм, напруга, частота), проводить стрибкоподібну зміну відповідних характеристик струму (напруги, частоти) в керованих електроенергетичних системах.

Реле є основним елементом будь-якої схеми релейного захисту. Терміном реле позначається широка група автоматичних пристроїв, які

використовуються в релейному захисті, автоматиці, телемеханіці, телефонії і подібному.

Реле класифікуються на:

- електромеханічні з рухомими елементами і контактними системами і статичні без рухомих елементів і контактів;
- вимірювальні і логічні;
- струму, напруги і потужності;
- первинні і вторинні.

Донедавна пристрої релейного захисту будувались з використанням в основному електромеханічних реле. Та останнім часом все більше застосовуються статичні реле і захист на їх основі. Перевагою статичних безконтактних реле, частково, являються менші габарити і споживаючі потужності, можливість їх виготовлення дуже швидкодіючими, висока вібро- і ударостійкість.

Релейний захист виконується у вигляді автономних пристроїв, які встановлюються на елементах електричної системи, і реагують на пошкодження у завданих зонах, діючи на вимикачі цих пристроїв. Сукупність зон повинна охоплювати всю систему, щоб ні одна точка її не була незахищеною. Релейний захист повинен працювати як при зовнішніх, так і при внутрішніх пошкодженнях.

Під пристроєм релейного захисту слід розуміти реле або сукупність реле і допоміжних елементів, які повинні, у випадках пошкоджень або небезпечних ненормальних режимах роботи елемента системи, відключати його впливом на вимикачі або впливати на сигнал.

Історично першими і найбільш багаточисельними пристроями автоматики являються пристрої релейного захисту, які відключають пошкоджений елемент від джерела живлення. В мережі з напругою, меншою від 1000 В, в якості пристроїв захисту широко застосовуються вимикачі з

вбудованими в них електромагнітними або тепловими роз'єднувачами (автоматичні вимикачі АВ) або запобіжники з плавкими вставками (П), які широко застосовуються також для трансформаторів трансформаторних підстанцій ТП. В мережі з напругою, більшою від 1000 В, в якості пристроїв захисту широко застосовуються пристрої релейного захисту (РЗ), які виконуються з використанням спеціальних автоматичних пристроїв – реле. їх підключають до елементів системи, які необхідно захистити, через вимірювальні трансформатори струму або напруги.

Розробка схеми електроспоживання освітлювальної установки передбачає використання пристроїв захисту (АП-50, АВМ-4, АЗ700, РТ-80), якими обладнуються всі елементи системи електрозабезпечення. Призначенням пристроїв РЗ, окрім відключення пошкоджених елементів системи, являється також сигналізація про появу ненормальних режимів роботи елементів системи.

7.1.2 Протипожежні вимоги до освітлення.

Внаслідок невиконання електротехнічних правил, а також під впливом навколишнього середовища (води, пилу, хімічних активних речовин) нормальний стан електроосвітлювальних установок порушується. В таких випадках в електричних колах виникають короткі замикання, перевантаження, перехідні процеси в елементах електропостачання та самих джерелах світла, електрична дуга або іскріння, а також шкідливі вихрові струми.

Під час короткого замикання виділяється багато тепла, яке нагріває провідник до температури спалаху ізоляції і вище. Ізоляція проводів або навколишнє гаряче середовище можуть спалахувати, коли в електричному колі виникають небезпечні щодо нагрівання місцеві перехідні процеси.

Для захисту електроосвітлювальних установок від перевантаження застосовують плавкі запобіжники, установочні автомати і термореле.

Основні шляхи зниження пожежної небезпеки під час експлуатації електроосвітлення такі: вибір електроосвітлювальних установок з таким розрахунком, щоб вони не стали джерелом займання того середовища, в якому експлуатуються; при монтажі електроосвітлювальних ліній та світильників забезпечення міцності ізоляції; встановлення відстані між провідниками із струмом різної полярності, а також між проводами та заземленими предметами; щільність контактів, надійний захист від механічних пошкоджень, перевантажень, коротких замикань тощо; при виборі світильників враховувати особливості класифікації приміщень згідно з правилами обладнання електротехнічних установок. Треба також мати на увазі, що колби потужних ламп (500 Вт і більше) нагріваються до температури 200-250°С і від цього можуть зайнятись горючі матеріали.

Відповідно до цих вимог у робочих приміщеннях, зовнішньому освітлювальному просторі, де використовується системи електроживлення, застосовують відкриті, захищені, вологозахищені, пилонепроникні, вибухозахищені та спеціальні світильники. Опір проводів провіряється 1 раз на рік, і згідно з ПУЕ, повинен бути не меншим, ніж 0,5 МОм.

7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.2.1 Радіаційний та хімічний захист.

Державна політика України у сфері захисту населення і територій базується на Конституції України, відповідних законах, актах Президента України і урядових рішеннях.

„Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визначається в Україні найвищою соціальною цінністю”, – визначає стаття 3 Конституції України.

Президентом України підписано Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" та „Концепція захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження”.

Ці законодавчі документи визначають організаційні та правові основи захисту громадян України та громадян інших держав, які перебувають на території України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру це – система організаційних, технічних, медико-біологічних, фінансово-економічних та інших заходів для запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру і ліквідації їх наслідків, що реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, відповідними силами та засобами підприємств, установ та організацій, незалежно від форм власності й господарювання, добровільними формуваннями і спрямовані на захист населення і територій, а також матеріальних і культурних цінностей та довкілля.

7.2.2 Інформація та оповіщення. Поведінка населення при загрозі надзвичайної ситуації.

Головним і невід'ємним елементом всієї системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є інформація та оповіщення.

Зміст інформації мають становити відомості про надзвичайні ситуації, що прогнозуються або вже виникли, з визначенням їхньої класифікації, меж поширення і наслідків, а також заходи реагування на них.

Оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, заходи безпеки зобов'язані надавати населенню

через засоби масової інформації центральні та місцеві органи виконавчої влади та виконавчі органи рад.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій і постійне інформування про них населення забезпечується шляхом:

- завчасного створення, підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;
- організаційно-технічного з'єднання територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах гос-подарювання;
- завчасного створення та організаційно-технічного з'єднання із системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств та інших об'єктів підвищеної небезпеки;
- централізованого використання загальнодержавних і галузевих систем зв'язку, радіопровідного, телевізійного оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передавання інформації.

Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації у мирний, в особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку — одне з важливих завдань цивільного захисту України. Для цього створюється система, організаційно-технічне об'єднання засобів для передачі сигналів і розпоряджень органів управління цивільного захисту.

Система оповіщення та інформативного забезпечення створюється завчасно в усіх ланках пунктів управління.

Основу системи оповіщення утворюють автоматизована система централізованого оповіщення мережі зв'язку та радіомовлення, а також спеціальні засоби. Автоматизована система оповіщення створюється завчасно

на базі загальнодержавної мережі зв'язку та радіомовлення і поділяється на державну та територіальну. Вона може забезпечити оповіщення населення,

поєднавши місцеву телефонну мережу для подачі сигналу "Увага всім!" та повну інформацію за допомогою засобів радіомовлення й телебачення.

Оповіщення підпорядкованих штабів, органів управління цивільного захисту і населення організовується і забезпечується старшими органами управління.

7.2.3 Протирадіаційне укриття.

Протирадіаційне укриття (ПРУ) – це захисна споруда, яка забезпечує захист у ній людей від радіоактивних речовин і опромінення в зонах радіоактивного забруднення місцевості, отруйних і сильнодіючих ядучих речовин, біологічних засобів у краплинно-рідинному вигляді та світлового випромінення ядерного вибуху, наслідків урагану.

Захисні властивості протирадіаційного укриття оцінюються коефіцієнтом захисту, який показує, у скільки разів доза радіації на відкритій місцевості на висоті 1 м більша від дози радіації в укритті, тобто коефіцієнт захисту показує, у скільки разів ПРУ послаблює дію радіації, а відповідно і дозу опромінення людей.

Протирадіаційні укриття можуть обладнуватись насамперед у підвальних поверхах будинків і споруд. Підвали в дерев'яних одноповерхових будинках ослаблюють дозу радіації в 7 разів, а в житлових одноповерхових кам'яних (цегляних) будинках – у 40, у двоповерхових – у 100, середня частина підвалу кількаповерхового кам'яного будинку – у 800-1000 разів. При невисоких рівнях радіації, а також для захисту від бактеріальних засобів, парів отруйних і сильнодіючих ядучих речовин можна використовувати кам'яні (цегляні) або дерев'яні будівлі.

При виборі й підготовці укриттів для захисту від радіоактивних речовин слід враховувати захисні властивості будівельних матеріалів та окремих конструкцій.

Здатність будівельного матеріалу ослаблювати потік радіоактивних випромінювань характеризується щільністю і товщиною шару половинного

ослаблення матеріалу, тобто певної товщини шару матеріалу, при проходженні
через який інтенсивність радіоактивних випромінювань зменшується у два рази. Величина шару половинного ослаблення різних будівельних матеріалів наведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1.

Шар половинного ослаблення радіації різних матеріалів, d, см.

Матеріал	Густина, г/см^3	Товщина шару, см.		
		γ-випромінювання проникаючої радіації	γ-випромінювання радіоактивного забруднення	нейтронів
Залізо, сталь	7,8	3	1,8	11,5
Свинець	11,3	2	1,3-1,8	12
Скло	1,4	—	7,7	—
Вапняк	2,7	8,5	10	—
Цегла звичайна	1,6	14,4	13	9,1
Кладка цегляна	1,5	15	8,7	10,0
Цегла саманна	1,5	—	14	—
Ґрунт	1,6	14,4	8,1	12,0
Мерзлий ґрунт	1,2 -1,5	—	10-12	—
Глина	2,06	11	6,3	—
Бетон	2,3	10	5,6	12,0
Кладка бутова	2,4	9,6	5,4	—
Склопластик	1,7	12,0	8,0	4,0
Поліетилен	0,95	24,0	14,0	2,7
Лід	0,9	26	14,5	3,0
Дерево (залежно від породи)	0,7	33	20-40	9,7

Примітка. Для інших матеріалів, яких немає в таблиці, товщина шару половинного ослаблення розраховується як відношення товщини шару половинного ослаблення води до густини матеріалу.

За шаром половинного ослаблення матеріалу можна визначити коефіцієнт ослаблення для будь-якої товщини, знаючи, що потік радіоактивних випромінювань буде зменшено вдвічі стільки разів, скільки

шарів половинного ослаблення є в товщі матеріалу. Наприклад, стіна будинку із саманної цегли має товщину 28 см, з табл. 7.1 відомо, що товщина шару половинного ослаблення саману дорівнює 14,4 см. Отже, будинок ослаблюватиме потік радіоактивних випромінювань у чотири рази, тобто люди в такому приміщенні одержать дозу опромінення, зменшену в чотири рази.

Коли стіни укриття складаються з кількох шарів різних матеріалів, то спочатку розраховують коефіцієнти ослаблення для кожного шару матеріалу, а потім складають їх і одержують величину сумарного коефіцієнта ослаблення укриття.

Оцінюючи захисні властивості будинків та укриттів, слід звернути увагу на ті частини, де можливе проникнення радіоактивного пилу, небезпечних хімічних речовин. Такими місцями в будинках є вікна, двері, вентиляційні отвори і продухи в цоколі будинку, пічні труби, димарі, топкові отвори. Небезпечним є потрапляння радіоактивного пилу на горища, бо це збільшить дозу опромінення людей, які перебувають у будинку.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Екологічні проблеми в електротехнічній і світлотехнічній галузях.

Сьогодні, коли лампи розжарення дедалі менше використовують в побуті, їм на зміну починають приходити розрядні та світлодіодні джерела світла. Вони споживають менше електроенергії, мають кращі параметри світловіддачі і, подекуди, кольоропередачі. Та не дивлячись на позитивні моменти їх застосування виникає проблема утилізації відпрацьованих ламп.

Те, що енергоекономні лампи містять пари ртуті, давно – не секрет. Саме завдяки цьому вони працюють і заощаджують електроенергію. І в робочому герметичному стані вони цілком безпечні як для здоров'я людини, так і для довкілля у цілому. Тож, якщо її не розбити, ніякої небезпеки не буде.

Експерти підрахували: якщо помножити кількість населення України на кількість ламп, які припадають на кожного її мешканця, то щороку в українські смітники потраплятиме кількасот кілограмів ртуті. Між тим, лише один грам цієї отрути у довкіллі здатний призвести до забруднення понад трьох мільйонів кубометрів повітря чи двохсот тисяч кубометрів води. Окрім того, навіть мізерні дози випарів ртуті можуть викликати гострі фізичні та психічні розлади у людей: від загальної слабкості до ураження нервової системи.

Кожна лампа, так звана «економка», містить до 0,2 грама рідкої ртуті, яка, якщо трубку розбити, починає випаровуватися і забруднювати повітря. Коли лампа увімкнена, ртуть випаровується, і розряд проходить у її випарах. Після охолодження лампи ртуть осідає на її поверхні дрібними крапельками, які помітні неозброєним оком. Тому розбивати такі лампи у жодному разі не можна. Важливим також є роздільне збирання таких ламп, з подальшою їх утилізацією.

Утилізацією люмінесцентних ламп мали би займатися спеціальні підприємства. В Україні таких лише декілька. Одне з них – у Бучачі

Тернопільської області. Приватні та державні установи й організації, які і є найбільшими "споживачами" енергоекономних ламп, повинні самі укладати договори з такими підприємствами, а, відтак, – і оплачувати за утилізацію, яка обходиться у середньому в 10% від вартості лампи. Але, нажаль, ніхто не хоче витрачати своїх коштів, а від цього страждає навколишнє середовище і всі живі організми, які мешкають в ньому, тому важливо регламентувати утилізацію компактних люмінесцентних ламп згідно законодавчих нормативів.

8.2 Електромагнітне забруднення навколишнього середовища та його вплив на організм людини.

Джерела електромагнітних поділяються на два типи: внутрішні та зовнішні.

Внутрішні: електропроводка, побутові електроприлади й усе, що ми вмикаємо в розетку; розподільні щити; трансформатори; персональні комп'ютери тощо.

Зовнішні: електротранспорт; лінії електропередач, теле- і радіостанції, супутниковий і стільниковий зв'язок, радари.

Сьогодні електромагнітні поля та опромінення (ЕМП) в 100 мільйонів разів перевищують ті, яким піддавалися наші попередники. Якщо цивілізація має за мету прогрес для людства, то цивілізованість – це розумне користування тими благами, які дає цивілізація. Сьогоднішній день, а, тим більше, завтрашній, важко представити без комп'ютерів, телевізорів, та іншої електронної техніки.

Електропроводка - невід'ємна частина життєзабезпечення населення вносить найбільший вклад в електромагнітну обстановку житлових приміщень. У приміщеннях суміжних із цими джерелами рівень магнітного поля звичайно підвищений, а рівень електричного поля не високий і не перевищує припустимих значень. Побутові електроприлади, що працюють на електричному струмі, є джерелами електромагнітних полів. Найбільш

сильними джерелами ЕМП є мікрохвильові й електричні печі, кухонні витяжки, пилососи й холодильники із системою "no frost". Реально випромінювані ними електромагнітні поля відрізняється залежно від конкретних моделей, але варто помітити, чим вище потужність приладу, тим і магнітне поле, створюване ним, вище. Значення ж електричного поля набагато менше гранично припустимих значень. Найбільше магнітне поле випромінюють мікрохвильові печі.

Як відомо, основний принцип роботи нервової системи людини – передача електромагнітних імпульсів від однієї клітини до іншої. Адже людина живе у світі, насиченому електромагнітними полями, постійно піддаючись їхньому негативному впливу, які створюють будь-які електричні прилади. Але найбільшу частину шкідливого впливу людина одержує в себе вдома або на своєму робочому місці.

Тим часом програма ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я) “ЕМП і здоров'я людини” констатує: “..передбачається, що такі медичні наслідки, як захворювання раком, зміни в поведінці, втрата пам'яті, хвороба Паркінсона, Альцгеймера, СНІД, синдром раптової смерті зовні здорової дитини й багато інших станів, включаючи самогубства, є результатом впливу електромагнітних полів.”

У цілому фахівці виділяють чотири системи, які найбільш піддаються дії електромагнітного випромінювання: нервову, імунну, ендокринну й статеву. Звідси діапазон захворювань досить широкий – від функціональних розладів нервової системи до розвитку пухлин і лейкозів. Згідно недавно отриманим даним саме ЕМП є головною причиною, так званого "синдрому хронічної утоми" (СХУ). Уперше подібний діагноз з'явився недавно, наприкінці 80 років XX століття. У даний момент число хворих з таким діагнозом мільйони й буде прогресивно збільшуватися в усьому світі, особливо в розвинених країнах.

“Якби можна було електромагнітні випромінювання зробити видимими й показати, як вони пронизують кожну клітинку організму, то

людей охопив би жах...” – ці слова належать професорові біохімії Каліфорнійського університету Россу Рейді.

Сьогодні багато фахівців уважають гранично припустиму величину магнітної індукції рівної 0,2 - 0,3 мкТл. Українські вчені стверджують, що ЕМП призводять до необоротних змін у клітинах, що діляться. У ході досліджень установлений факт виникнення в рослин мутацій, порівнянних з мутаціями в зоні ЧАЕС. Колумбійські вчені довели нові факти: ЕМП знижує рівень сіротоніна, відповідального за самоконтроль людини. Тому-то самогубцями нерідко стають програмісти. До 60% користувачів ПК страждають захворюваннями серцево-судинної системи, 40% – шлунково-кишкового тракту. Установлено, що ракові клітки, піддані опроміненню ЕМП із частотою в 60 Гц, починають рости в шість разів швидше, ніж зазвичай.

Рекомендації щодо захисту від дії електромагнітних полів та випромінювань:

1. Необхідно виключити тривале перебування в місцях підвищеного рівня магнітного поля промислової частоти;
2. Ліжко для нічного відпочинку максимально видаляти від джерел тривалого опромінення, відстань до розподільних шаф, силових електрокабелів повинне бути 2,5 - 3 метри;
3. При необхідності встановити підлоги з електропідігріванням вибирати системи зі зниженим рівнем магнітного поля;
4. При придбанні побутової техніки необхідно обертати увагу на оцінку про відповідність приладу вимогам "Міждержавних санітарних норм припустимих рівнів фізичних факторів при застосуванні товарів народного споживання у побутових умовах";
5. Використовувати прилади з меншою потужністю;
6. Розміщувати електричні прилади на деякій відстані один від одного й видалення їх від місця відпочинку.

Але основною мірою захисту є попереджувальна.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, яке має за мету створити збалансоване світлове середовище на одній із центральних вулиць міста Тернополя. На базі отриманих результатів досліджень зроблені наступні висновки:

1. Проведений розрахунок електричної мережі установки вуличного освітлення свідчить про обов’язковість передбачати використання, крім освітлювальних трансформаторів, комутаційної та захисної апаратури, особливо при використанні світлодіодних джерел світла, блоки живлення яких чутливі до перепадів параметрів струму та напруги.

2. Проведено технологічний та конструкційний аналіз світлових приладів за їхніми світлотехнічними та електротехнічними характеристиками. Рекомендовано використання енергоекономних, бажано світлодіодних джерел випромінювання, так як вони найбільш енергоощадні. коли порівнювати з іншими традиційними джерелами світла.

3. Для побудови фотометричних тіл і розрахунку рівня освітленості доцільно використано середовище пакетів прикладних програм «Mathcad», «MathLab», «DIALux», а, безпосередньо, саму графічну частину візуалізовувати в пакетах «AutoCAD», «Компас».

4. Розроблені програмі визначення спектрального складу випромінювання джерел світла за їх паспортними значеннями та відомими коефіцієнтами відбивання світлового потоку від матеріалів відбивачів. Проаналізувавши їх, показано, що кольоровість свічення реальних джерел відхиляється від норм в межах відносної похибки від 3 до 8 %. Ці значення необхідно врахувати при розробці реальних проектів.

5. При використанні сучасних енергоощадних світлодіодних світлових приладів, прожекторів, світлодіодних стрічок, користуються системами

електропостачання меншої потужності. Це значно економить матеріали, зменшує вартість їхнього обладнання Проте до цих систем встановлюються більш суворіші вимоги до чіткості та стабільності електротехнічних характеристик.

Спроектована модель архітектурно-ландшафтного освітлення частини вулиці Кардинала Сліпого, електропостачальної її системи відповідає поставленим до роботи завданням, вимогам енергозбереження, екології оточуючого середовища, безпеки життєдіяльності людини і є економічно доцільною.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Гуторов М. М. Основы светотехники и источники света: Учеб. Пособие для вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1983.384 с., ил.

2.Электротехнический справочник. Том 3. книга 2. Использование электрической энергии. Под ред. Герасимова В.Г., Орлова И.Н.. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

3.Энергосбережение в освещении. Под ред. Проф. Ю.Б.Айзенберга. М.: Издательство « Знак », 1999, 264 с.: ил.

4.Мешков В. В., Епанешников М.М. Осветительные установки.— М: Энергия, 1972. — 360 с.

5.Варсанофьева Г.Д., Фомина А.М. Освещённость и ее контроль в осветительных установках – М.: Энергия, 1992. – 200 ст.

6.Гуревич М.М. Фотометрия (теорія, методы и приборы) – 2-е издание., переработанное и дополненное – Л.: Энергоатомиздат, 1993. – 272 с.,

7.Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Б.Айзенберга/ – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 472 с.

8.Трембач В.В. Световые приборы: Учеб. для вузов по спец. "Светотехника и источники света". – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1992. – 463 с.

9.Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергий. 1985. – 547 с.

10.Кременец Ю. А. Технічні засоби організації дорожнього руху: Посібник для вузів. – 2-е вид., перероб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 254 с.

11.Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: – Энергоиздат, Ленинград. отд-ние, 1995.

12.Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов. М.: Энергоатомиздат. 1996.

13.Скобелев В.М., Афанасьева Е.И. Источники света. 1997.

14.Кунго Я.А., Твардовский П.М. Автоматизация управления и регулирования напряжения в осветительных установках. – М.: Энергия, 1999. – 128 с.

15.Клинковштейн Г. И., Сытник В. Н.,Смирнов СИ. Методы оценки качества организации дорожного движения: Учеб. пособие. – М.: МАДИ, 1987.-77 с.

16.Тиходеев П.М., – Световые измерения в светотехнике. М.: Госэнергоиздат. 1998.

17.СНіП 2-05-08. Природнє та штучне освітлення. Будівельні норми і правила. Светотехника. 2008. №2.

18.Епанешников М. М., – Электрическое освещение. М.: Госэнергоиздат. 1998.

19.Козлов В. Н., – Технология производства световых приборов. М.: Энергоиздат. 1990.

20.Иванов А. П. Электрические источники света. М. – Л.: Госэнергоиздат, 2001. – 288 с.

21.Очков В. Ф. Mathcad Pro для студентов и инженеров. – М.: КомпьютерПресс, 1999. – 523 с.: ил.

22.Економіка підприємств – Горбонос Ф.В. К.: Центр учбової літератури, 2009. – 250 с.

23.Економіка підприємства – Гетьман О.О. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 200 с.

24.http://pidruchniki.ws/15840720/ekonomika/ekonomika_pidpriyemstva_-_getman_oo

25.Білявский Г.О., Фундуй Р.С. Основи екологічних знань. – К.: Либідь, 1997. – 288 с.

26.Білявский Г.О. та інші. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.

27.Кучерявий В.П., Павлюк Ю.Є. Охорона праці. — Львів: Вища школа, 2007.

28.Гунський А.І. Цивільна оборона. підручник для вищих учбових закладів – К: Міністерство освіти,1995.

29.Цубера П.М., Чубатий Ю.О. Аналіз архітектурно-ландшафтного освітлення вулиць населених пунктів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених

та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – с. 67.