

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ФІЛІЇ «ДИРЕКЦІЯ З
БУДІВНИЦТВА ДНІСТРОВСЬКОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ»**

Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: здобувач 4-го курсу, групи Е-23мс
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Ірина ЛЕВЧУК

(прізвище та ініціали)

Керівник: канд. техн. наук, доц. каф. ЕСЕЕМ

Олексій БАБЕНКО

(прізвище та ініціали)

« 09 » 06 2025 р.

Рецензент к.т.н. доцент каф. ЕСС

Сікорська О.В.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2025 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Освітній ступінь – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д-р техн. наук, проф., Михайло БУРБЕЛО

«20» 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Левчук Ірині Борисівні

1. Тема роботи: Розробка системи освітлення об'єктів філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції»

керівник роботи канд. техн. наук, доцент кафедри ЕСЕЕМ Бабенко Олексій Вікторович,

затверджена наказом по ВНТУ від «20» березня 2025 року, № 97

2. Термін подання студентом роботи «09» червня 2025 року.

3. Вихідні дані: план цеху; відомості про електричні навантаження цеху (Додаток А); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про джерела світла і їх характеристики; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.2 *Опис технологічного процесу*

1.3 *Характеристика системи освітлення на підприємстві*

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 *Заходи з підвищення енергоефективності систем освітлення*

2.2 *Розрахунок параметрів світлотехнічної частини системи освітлення*

2.3 *Розрахунок електричних навантажень освітлювальної мережі*

2.4 *Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури освітлювальної мережі*

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

3.1 *Техніко-економічні показники систем освітлення*

3.2 *Техніко-економічне порівняння діючої і розробленої системи освітлення виробничого приміщення*

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 *Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта*

- 4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць
- 4.1.2 Електробезпека
- 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 4.2.1 Мікроклімат
- 4.2.2 Виробниче освітлення
- 4.2.3 Виробничий шум
- 4.2.4 Виробнича вібрація
- 4.3 Пожежна безпека

ВИСНОВКИ

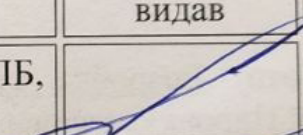
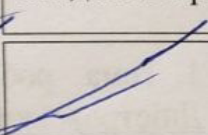
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу

- План системи освітлення виробничого приміщення

6. Консультанти розділів роботи

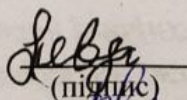
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Охорона праці	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 28 » 04 2025 року

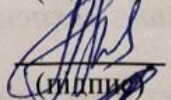
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1	Загальні відомості про підприємство	28.04-05.05	век
2	Розробка системи освітлення виробничого приміщення	06.05-14.05	век
3	Техніко-економічне обґрунтування розробленої системи освітлення	15.05-25.05	век
4	Охорона праці	26.05-31.05	век
5	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	01.06-08.06	век

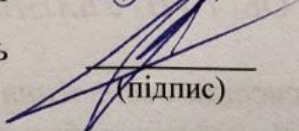
Здобувач


(підпис)

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Ірина ЛЕВЧУК
(ім'я та прізвище)

Олексій БАБЕНКО
(ім'я та прізвище)

Юрій ВОЙТЮК
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Левчук І.Б. Розробка системи освітлення об'єктів філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції» : бакалаврська кваліфікаційна робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця : ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, ВНТУ, 2024.

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 72 сторінок формату А4, які містять 19 рисунків та 18 таблиць, список використаної літератури та інших джерел інформації містить 23 найменувань.

Метою роботи є розробка системи освітлення виробничого приміщення підприємства, яка, порівняно з діючою системою освітлення є більш енергоефективною.

У першому розділі роботи проведено аналіз системи освітлення виробничого приміщення на діючому підприємстві.

У другому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено світлотехнічну та електротехнічну частини діючої системи освітлення приміщення, в якому для освітлення застосовуються лампи типу ДРЛ.

У третьому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи було проведено техніко-економічне порівняння діючої та розробленої системи освітлення, показано, що остання є більш енергоефективною.

У четвертому розділі роботи розроблені заходи з охорони праці під час експлуатації освітлювальних установок.

Ключові слова: система освітлення, електропостачання, світильник, лампи ДРЛ, світлодіодні джерела світла.

ABSTRACT

Levchuk I.B. Development of a lighting system for the facilities of the branch "Directorate for the Construction of the Dniester Pumped Storage Power Plant": bachelor's qualification work. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Vinnytsia: FEEEM, Department of ESEEM, VNTU, 2024.

The bachelor's qualification work consists of 43 pages of A4 format, which contain 8 figures and 14 tables, the list of used literature and other sources of information contains 18 items.

The purpose of the work is to develop a lighting system for the production premises of the enterprise, which, compared to the existing lighting system, is more energy efficient.

In the first section of the work, an analysis of the lighting system for the production premises at the existing enterprise was carried out.

In the second section of the bachelor's qualification work, the lighting and electrical parts of the existing lighting system for the premises, in which DRL-type lamps are used for lighting, were developed.

In the third section of the bachelor's qualification work, a technical and economic comparison of the existing and developed lighting system was carried out, it was shown that the latter is more energy efficient.

In the fourth section of the work, occupational safety measures during the operation of lighting installations were developed.

Keywords: lighting system, power supply, lamp, DRL lamps, LED light sources.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	9
1.1 Опис технологічного процесу.....	9
1.2 Характеристика системи освітлення на підприємстві.....	11
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	13
2.1 Заходи з підвищення енергоефективності систем освітлення.....	13
2.2 Характеристика програмного забезпечення для моделювання систем освітлення.....	16
2.3 Розрахунок параметрів світлотехнічної частини системи освітлення.....	21
2.4 Моделювання системи освітлення в прикладній програмі DiALUX.....	26
2.5 Розрахунок електричних навантажень освітлювальної мережі.....	30
2.6 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури освітлювальної мережі.....	31
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ.....	40
3.1 Техніко-економічні показники систем освітлення.....	40
3.2 Техніко-економічне порівняння діючої і розробленої системи освітлення виробничого приміщення.....	41
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	47
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час оперативного обслуговування електроустановок.....	47

4.1.2 Електробезпека.....	50
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	51
4.2.1 Мікроклімат.....	51
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	52
4.2.3 Виробниче освітлення.....	53
4.2.4 Виробничий шум.....	53
4.2.5 Виробнича вібрація.....	55
4.3 Пожежна безпека.....	56
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	60
ДОДАТКИ.....	63
ДОДАТОК А Вихідні дані.....	64
ДОДАТОК Б ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	66
ДОДАТОК В Графічна частина.....	67
ДОДАТОК Г Ілюстративна частина.....	69

ВСТУП

Актуальність теми: Діючі системи освітлення на промислових підприємствах часто є неенергоефективними і характеризуються підвищеним споживання електроенергії через використання застарілих джерел світла, відсутності автоматичних систем керування освітленням та інших сучасних технологій. Це не лише підвищує витрати на електроенергію, але й здійснює негативний вплив на навколишнє середовище [1-2].

Сучасні системи освітлення, які розроблені відповідно до останніх вимог стандартів і з використанням енергоефективних джерел світла призводять до зниження вищеописаних негативних впливів, забезпечують комфортні умови праці для працівників. Крім того, якісне освітлення сприяє підвищенню рівня безпеки на виробничих місцях. Належним чином спроектована система освітлення може значно покращити зовнішній вигляд споруд, що є важливим для створення позитивного іміджу компаній. Впровадження новітніх технологій в системи освітлення дозволяє поєднати їх з іншими системами автоматизації будівель, що, в свою чергу, підвищує загальну ефективність, а також зручність експлуатації.

Мета роботи: розробка системи освітлення виробничого приміщення підприємства, яка, порівняно з діючою системою освітлення є більш енергоефективною.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- охарактеризувати діючу систему освітлення виробничого приміщення;
- розробити світлотехнічну та електротехнічну частини альтернативної системи освітлення;
- розрахувати техніко-економічні показники систем освітлення і здійснити їх порівняння.

Об'єкт дослідження: Система освітлення виробничого приміщення філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції».

Предмет дослідження: Техніко-економічні показники системи освітлення

виробничого приміщення філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції».

Методи дослідження: в бакалаврській кваліфікаційній роботі застосовувались методи, що використовуються для світлотехнічних розрахунків (зокрема точковий).

Практична цінність. Розроблена систему освітлення виробничого приміщення, в основу якої покладено використання світлодіодних джерел світла і яка може бути впроваджена на виробництві.

Апробація роботи: Основні положення, які стосувались виконаної роботи, були опубліковані в тезах доповіді [2].

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Опис технологічного процесу

Гідроелектростанція особлива тим, що кожен з агрегатів працює як у генераторному режимі, так і в насосному режимі. Це дає змогу використовувати акумульовану протягом вночі енергію для виробництва електроенергії в моменти пікових навантажень на мережу. Її особливість є в тому, що тепер вона одночасно і будується і експлуатується.

На теперішній час на Дністровській ГАЕС введено у експлуатацію 3 гідроагрегати з сумарною потужністю 972 МВт в генераторному режимі, а також 1263 МВт в насосному режимі.

Щодобово ГАЕС виробляє від 3 до 5 мільйонів кВт·год електроенергії, чим робить значний внесок в енергетичну незалежність нашої країни.

Повний об'єм верхнього водосховища складає 41 млн м³.

Будівництво нижнього водосховища знаходиться на етапі завершення. На сьогоднішній день відмітка НПР (нормальний підпірний рівень) для нижнього водосховища становить +74,5 м. Це забезпечує можливість роботи без всіляких обмежень для 4-х гідроагрегатів. Для забезпечення ефективної роботи 7-ми гідроагрегатів потрібно підвищити НПР для нижнього водосховища до +77,1 м.

Повний об'єм нижнього водосховища в майбутньому становитиме 58,1 млн м³, довжина водосховища становить 19,8 км.

Найбільша в Європі штучна верхня водойма Дністровської ГАЕС є розташована на правому березі ріки Дністер. Площа верхньої водойми складає 255 га, її глибина становить від 15 до 30 м. Внизу (у руслі) знаходиться нижнє (буферне) водосховище, що є нижньою водоймою ГАЕС. Туди відбувається скидання, а вже потім звідти відбувається забір води вночі. Нижнє (буферне) водосховище використовується з моменту пуску Нижньодністровської ГЕС. Характерною особливістю його за умов роботи ГАЕС – складний і різко нестационарний рівневий режим. Такий тежим є як протягом доби, а також протягом тижневого циклу і обумовлений спільною роботою Дністровської ГЕС,

а також Нижньодністровської ГЕС і Дністровської ГАЕС. За своїм режимом роботи це водосховище не має подібних серед діючих споруд такого типу.

У сучасних енергосистемах, в котрих основними енергоджерелами є атомні, а також теплові станції із значними агрегатами, ГАЕС забезпечують надійну, а також ефективну роботу енергосистем за рахунок того, що відбувається заповнення провалів добового графіку навантажень. Це забезпечує роботу агрегатів ТЕС та АЕС у базовому режимі з майже незмінною у часі потужністю, покриття піків добового графіку навантажень, а також виконання функцій аварійного і частотного резерву енергетичної системи завдяки високій маневреності та швидкодії. На рис. 1.1 наведено фото Дністровської ГАЕС.



Рисунок 1.1 – Фото Дністровської ГАЕС

1.2 Характеристика системи освітлення на підприємстві

В роботі розглядається система освітлення виробничого приміщення ГАЕС. Для аналізу взято приміщення, в якому виконуються ремонтні роботи (ремонтного цеху) і застосовуються лампи типу ДРЛ.

Цех працює в дві зміни на добу. Тривалість однієї зміни становить 8 годин. Кількість днів роботи на тиждень – 5. Кількість тижнів роботи цеху на рік складає 52.

Для виконання основних технологічних дій протягом кожної зміни в цеху використовується робоче освітлення. План розташування світильників наведено на рис. 1.2.

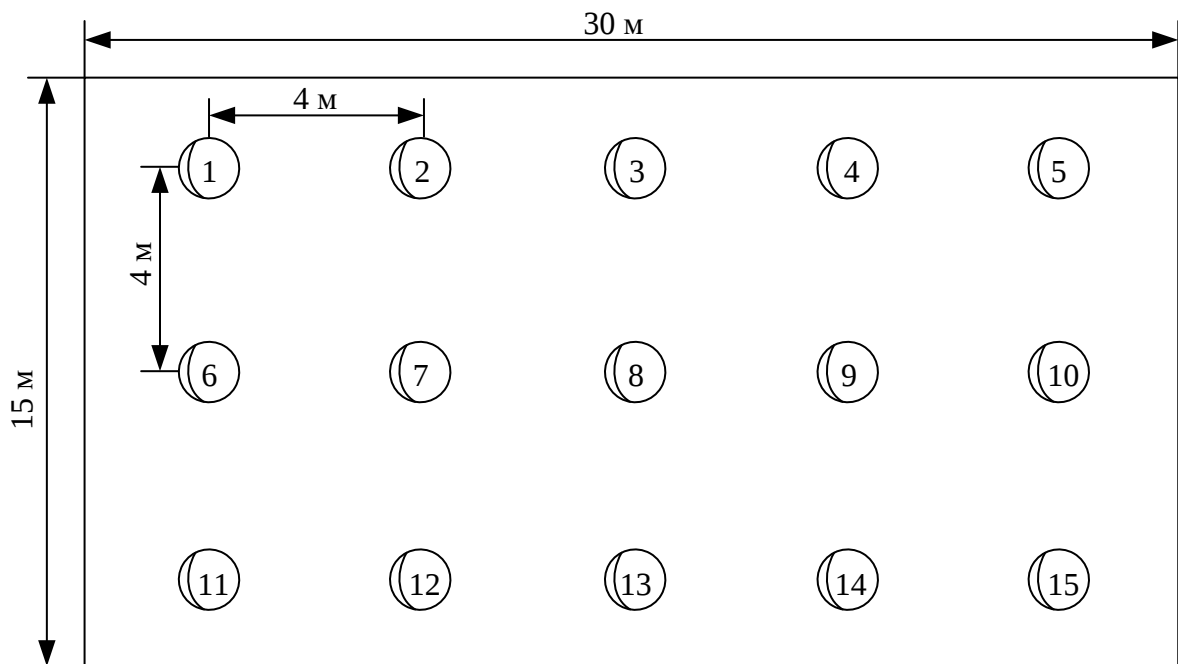


Рисунок 1.2 – План розташування світильників в цеху

Цех має висоту $H_{ц} = 6$ м.

Висота звисання світильників зі стелі складає $H_{зв} = 1,2$ м.

Висота робочої поверхні цеху складає $H_{р.п.} = 0,8$ м.

Мінімальний рівень нормованої освітленості на робочій поверхні складає $E_{мін} = 200$ лк.

Освітлення цеху виконано одноламповими світильниками ГСП 53 з лампами ДРЛ-250. Світловий потік лампи ДРЛ (номінальний) складає $\Phi_{\text{л(ДРЛ)}} = 12500$ лм. Активна номінальна потужність лампи ДРЛ складає $P_{\text{л(ДРЛ)}} = 250$ Вт. Термін служби ламп ДРЛ складає $T_{\text{сл.(ДРЛ)}} = 5000$ год. Вартість однієї лампи ДРЛ-250 складає $V_{\text{л(ДРЛ)}} = 200$ грн.

Коефіцієнт втрат в пуско-регулювній апаратурі світильника складає $K_{\text{ПРА(ДРЛ)}} = 1,12$.

Вартість заміни однієї лампи в світильнику під час виходу її з ладу складає $V_{\text{зам(ДРЛ)}} = 100$ грн.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Заходи з підвищення енергоефективності систем освітлення

Енергоефективність – це характеристика певної системи виконувати задані функції з якомога меншим енергоспоживанням. Заходами з підвищення енергоефективності системи освітлення є [2-7]:

- встановлення джерел світла з більшою світловіддачею;
- використання систем автоматики та контролю;
- забезпечення збільшеної відбивної здатності поверхонь приміщення;
- оптимальне використання природного світла;
- організація оптимального режиму використання освітлювальних приладів;
- обслуговування світлових приладів і вдосконалення їх конструкції;
- забезпечення дисципліни використання освітлення.

Встановлення джерел світла з більшою світловіддачею

Світловіддача – це показник, який характеризується відношенням світлового потоку джерела світла до потужності, з якою працює це джерело світла. Наприклад, лампа розжарення, яка має потужність 100 Вт і світловіддачу і світловий потік 1100 лм, має світловіддачу $\eta = 1100/100 = 11$ лм/Вт. В той же час, світлодіодна лампа, яка має світловий потік 1100 лм, споживає потужність 10 Вт. В такому разі, вона має світловіддачу $\eta = 1100/10 = 110$ лм/Вт. Отже, світлодіодна лампа є більш енергоефективною: її світловіддача в 10 раз більше ніж у лампи розжарення.

Використання систем автоматики та контролю

Системи автоматики забезпечують керування роботою освітлювальних установок. Наприклад система, яка містить фотореле, може вимикати зовнішнє освітлення як тільки освітленість від сонячного світла досягне певного рівня. Давачі руху, які, наприклад, встановлюються в коридорах житлових будинків, забезпечують увімкнення освітлення тільки в той час, коли в приміщенні знаходиться людина, яка рухається.

Щодо систем контролю, то це можуть бути системи, які забезпечують регулювання світлового потоку джерела світла в залежності від рівня природної освітленості на робочому місці. Такі системи знижують світловий потік джерела світла у випадку збільшення світлового сонячного потоку в приміщення і навпаки.

Забезпечення збільшеної відбивної здатності поверхонь приміщення

Відбивна здатність поверхонь приміщень (стелі, стін, робочої поверхні) впливає на вибір потужності джерела світла. Згідно з методом коефіцієнта використання світлового потоку, який передбачає врахування коефіцієнтів відбиття поверхонь, у випадку наявності в приміщенні поверхонь з більшим коефіцієнтом відбивання, потужність вибраних джерел світла є менша ніж у випадку «темних» приміщень з меншими коефіцієнтами відбивання світлового потоку.

Оптимальне використання природного світла

Рівень освітленості від природного світла впливає на енергоефективність системи освітлення приміщення, оскільки чим більша частка природної освітленості, тим менша частка штучної освітленості. Для оптимального

використання природного світла проєктують оптимальні площі скління в огорожувальних конструкціях (в стінах, стелі).

Організація оптимального режиму використання освітлювальних приладів

Режим використання освітлювальних приладів характеризується часом доби їх увімкнення. Вибір часу доби для роботи людей в приміщенні, в якому можна максимально використати сонячне світло сприяє зниженню споживання електроенергії світильниками.

Обслуговування світлових приладів і вдосконалення їх конструкції

До обслуговування світлових приладів належить їх чищення від пилу та бруду, які з часом з'являються на поверхнях як світильників так і джерел світла. Шар пилу сприяє зниженню світлового потоку світильників і необхідності увімкнення більшої кількості світильників, або використання ламп більшої потужності. Це знижує енергоефективність системи освітлення.

До вдосконалення конструкції світлових приладів відносять, наприклад, встановлення відбивачів (дзеркальних рефлекторів) в старі світильники з люмінесцентними лампами, конструкція яких не передбачала наявності відбивачів. Такий захід сприяє більшому відбиттю світлового потоку лампи на робочу поверхню і зниження поглинання частини світлового потоку стелею (у світильників без рефлекторів частина світлового потоку, яка направляється в напрямку стелі, частково поглинається стелею і тим знижує світловіддачу світильника).

Забезпечення дисципліни використання освітлення

Дисципліна під час використання системи освітлення є одним з важливих факторів, який впливає на енергоефективність. Дисципліна – це організація

використання світлових приладів в той час і в тій кількості, коли це необхідно для людини в конкретних умовах її діяльності. Для забезпечення дисципліни проводять інструктажі, роз'яснювальну роботу, встановлюють інформаційні таблички тощо.

2.2 Характеристика програмного забезпечення для моделювання систем освітлення

Програма DIALux – це програма для проектних, дизайнерських компаній, які пов'язані із світлотехнічною діяльністю. За допомогою вказаної програми здійснюється розрахунок внутрішнього а також зовнішнього освітлення за заданого типу, а також кількості світильників з врахуванням їхнього розташування. При розрахунку враховується колір та текстура поверхонь, геометрія приміщень. Також враховуються розставлені в приміщенні окремі об'єкти (меблі і т.д.). Найбільш вагомими результатами розрахунку виступає графічне зображення розподілу освітленості на робочій поверхні а також загальний тривимірний вигляд визначеного приміщення, що освітлюється.

Вагомою перевагою програми є її універсальність. При розрахунку в програмі «Dialux» використовуються вбудовані бази даних світильників, які надають всі світові виробники. В них світлотехнічні параметри визначених світильників введені максимально повно із необхідною точністю. Всі бази даних світильників періодично оновлюються. Найактуальніші їх версії є доступні для завантаження в мережі Інтернет. З використанням програми можна отримати інформацію про такі параметри, як ізолінії постійної освітленості, а також таблицю і графік освітленостей. Виводиться також інформація про світильники та їх характеристики. Завдяки програмі «Dialux» виникає можливість окрім безпосереднього освітленості реалізувати контроль показників якості освітлення: рівномірність освітлення, горизонтальну освітленість, насиченість приміщення світлом, і т. п. Тобто освітлення перевіряється на відповідність діючим нормам.

Основні можливості, які надає Dialux:

Моделювання:

- Надає можливість імпорту різних планів будівлі, а також створення 3D-моделей.
- Надає можливість для відтворення різних типів освітлення (наприклад, евакуаційного, аварійного, охоронного).

Розрахунок:

- Є можливість автоматичного розрахунку освітленості та розподілу сили світла.
- Здійснює розподіл світильників для досягнення зазначених параметрів освітлення.

Візуалізація:

- Наявний вбудований візуалізатор (Pov-ray) застосовується для отримання фотореалістичних зображень для освітлення.
- Оцінка отриманих результатів для різних видів діаграм розподілення освітленості.

Інші функції:

- Підтримка міжнародних, а також національних стандартів освітлення.
- Можливість експорту результатів в деякі інші програми (наприклад, в AutoCAD).
- Використання даних від світильників різних виробників.
- Надає можливість проводити розрахунок освітлення для різних типів приміщень, а також сценаріїв.

Застосування Dialux:

Проектування систем освітлення будівель:

- Для створення ефективних, а також енергозберігаючих систем освітлення в промислових, житлових та комерційних будівлях.

Світлодизайн:

- Для створення естетичного, а також приємного та комфортного освітлення в екстер'єрах та інтер'єрах.

Розрахунок освітленості:

- Для забезпечення відповідності освітленості діючим вимогам стандартів, а також нормативів.

Аналіз енергоспоживання:

- Для визначення найбільш оптимального розміщення світильників, а також вибору найбільш ефективних джерел світла.

З використанням програми можна розрахувати штучне освітлення промислового приміщення і його характеристики. Програма приймає до уваги розміри приміщення (ширину, висоту, довжину)



Рисунок 2.1 – Приклад промислового приміщення, для якого може бути виконане моделювання денного світла в програмі DIALux

Об'єкти і текстури в DIALux

До програми додається розширена бібліотека об'єктів і текстур. Просто необхідно вказати мишею і, не відпускаючи, перенести необхідну текстуру або ж предмет в визначену робочу область.

DIALux Light – це більш просте планування. Вона є спрощеною версією програми для швидкої роботи з визначеними проектами.

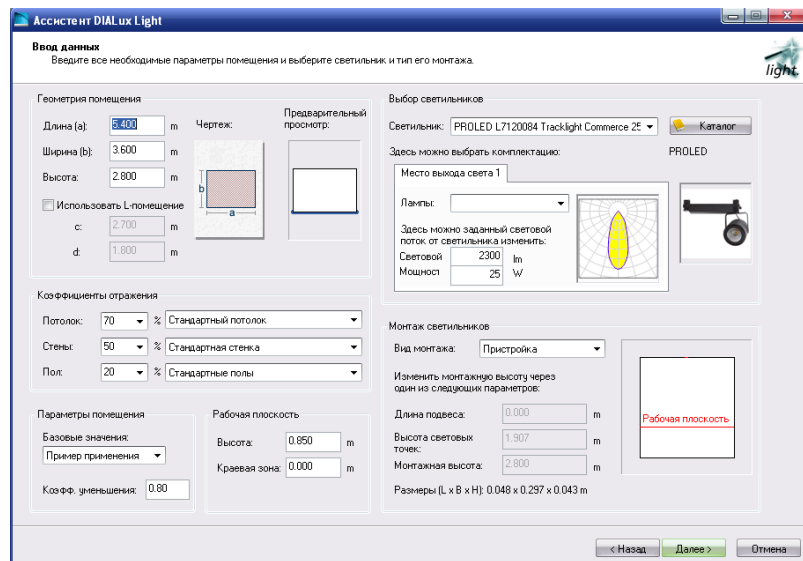


Рисунок 2.4 – Вікно програми DIALux Light

Отже, можна стверджувати, що DIALux Light – це є проста версія для спрощеного виконання розрахунку, а також перевірки необхідної кількості світильників. З нею легко розібратися та просто працювати, це ідеальна програма для тих, хто рідко виконує розрахунки освітлення.

Таким чином можна виділити такі переваги програми DIALux:

1. Побудова окремих тривимірних моделей приміщень
2. Дозволяє оцінити результат по різного типу діаграм розподілу освітленості та тривимірної візуалізації
3. У DIALux вбудований програмний візуалізатор Pov-ray, який дозволяє отримати фотореалістичне тривимірне зображення для розподілу освітленості

4. Є можливість імпорту планів, а також експорту результатів розрахунку в AutoCAD
5. DIALux здійснює розрахунок всіх необхідних світлових параметрів: усіх видів освітленості, яскравості, показників блискоті тощо
6. DIALux дозволяє здійснити моделювання різних світлових сцен в приміщенні
7. До програми додається розширена бібліотека об'єктів і текстур.

Таким чином, Dialux - це професійна програма, яка дозволяє здійснювати планування, дизайн, а також розрахунок освітлення, і яка використовується для проектування систем освітлення різних видів складності. Вона дає змогу моделювати окремі освітлювальні установки, розраховувати такі параметри, як освітленість, створювати тривимірні візуалізації, а також аналізувати результати.

2.3 Розрахунок параметрів світлотехнічної частини системи освітлення

Користуючись планом розташування існуючих світильників (рис. 2.5) та кривою сили світла (КСС) для світильників ГСП 53 (рис. 2.6), а також іншими вихідними даними, наведеними в п. 1.2, за допомогою точкового метода виконаємо повірочний світлотехнічний розрахунок відповідності існуючої системи освітлення нормативним вимогам. Для цього оцінимо відповідність фактичної освітленості в точці А (рис. 2.5) значенню нормованої (мінімальної) освітленості для даного цеху:

$$0,9 \cdot E_{\min} \leq E_{\text{сум.ДРЛ}}(A) \leq 1,2 \cdot E_{\min} \quad (2.1)$$

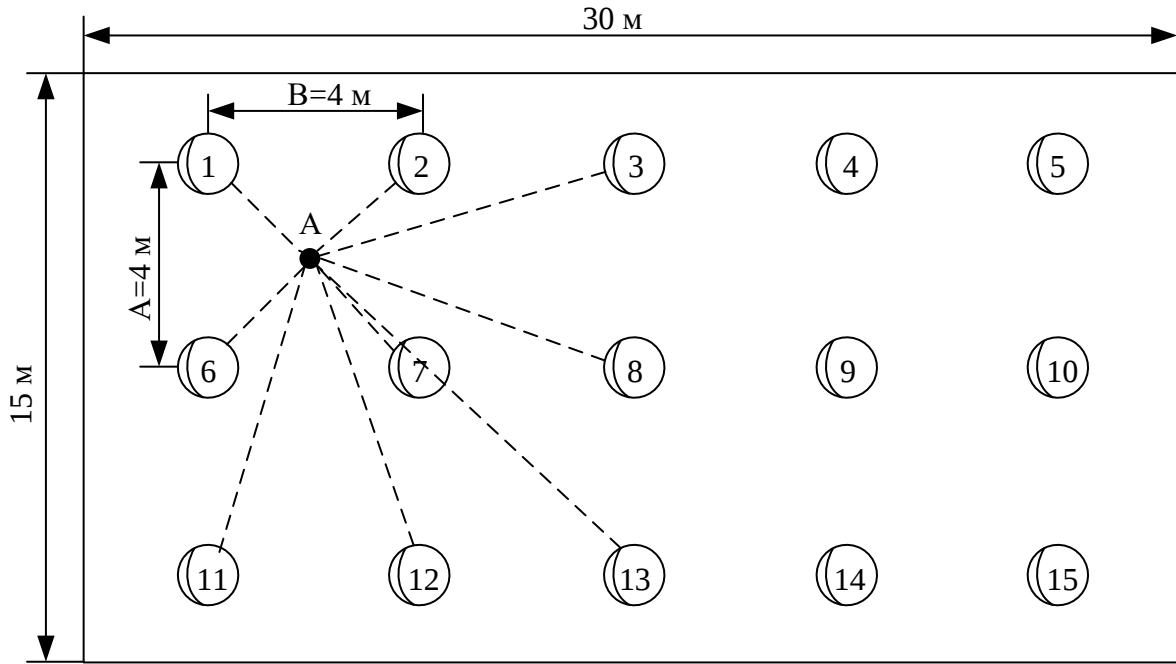


Рисунок 2.5 – До визначення освітленості у виначеній точці

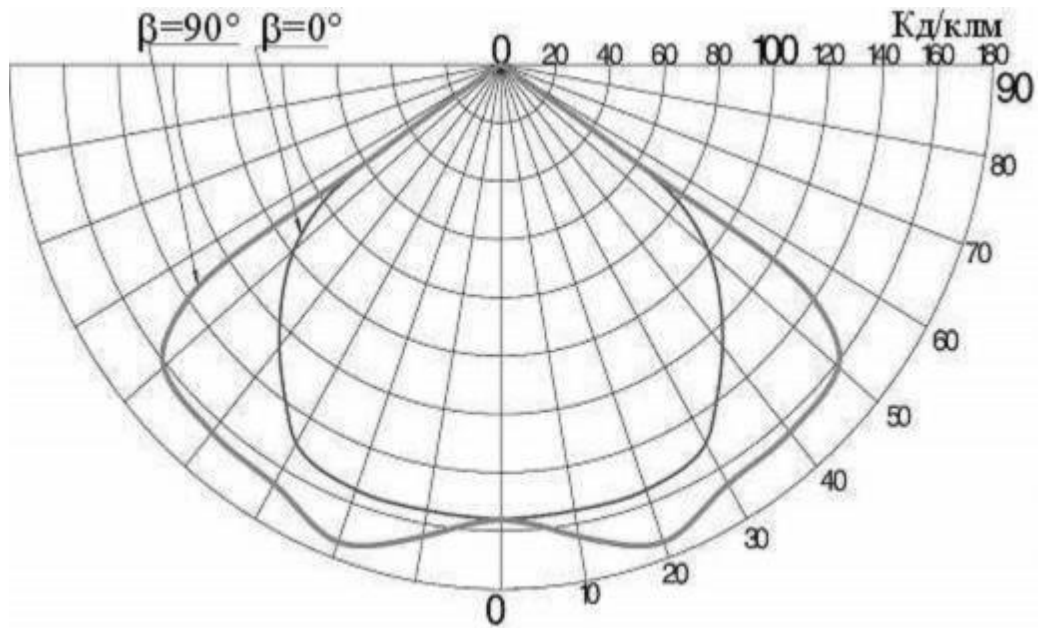


Рисунок 2.6 – Крива сили світла для світильника ГСП 53

Світильники ГСП 53 мають тип кривої сили світла (КСС), що показано на рис. 2.6 (за умови, що кут меридіанної площини $\beta = 0^\circ$).

Під час використання кривої сили світла, горизонтальна освітленість в точці А від дії і-го світильника визначається за виразом [3]:

$$E_i = \frac{C \cdot I_{\alpha i} \cdot \cos^3 \alpha_i}{h^2}, \quad (2.2)$$

де $I_{\alpha i}$ – сила світла по кривій сили світла під кутом α_i ;

α_i – кут падіння світла на робочу поверхню в точці А від дії i -го світильника (рис. 2.1).

h – висота підвісу лампи, яка визначається за формулою

$$h = H_{\text{ц}} - H_{\text{зв}} - H_{\text{р.п}}, \quad (2.3)$$

C – коефіцієнт, що враховує реальний світловий потік лампи по відношенню до умовного світлового потоку 1000 лм

$$C = \frac{\Phi_{\text{св}}}{1000}. \quad (2.3)$$

Згідно вихідних даних, в цеху працюють світильники ГСП 53 з лампами ДРЛ і світловим потоком 12500 лм. Тому коефіцієнт C дорівнює

$$C = \frac{12500}{1000} = 12,5.$$

Висота підвісу лампи над робочою поверхнею, відповідно до (2.3) становить

$$h = 6 - 1,2 - 0,8 = 4 \text{ м.}$$

Для визначення сили світла від кожного світильника в точці А необхідно розрахувати кут α між вертикальною віссю, яка проходить через центр світильника і напрямом від світильника до точки А (рис. 2.7)

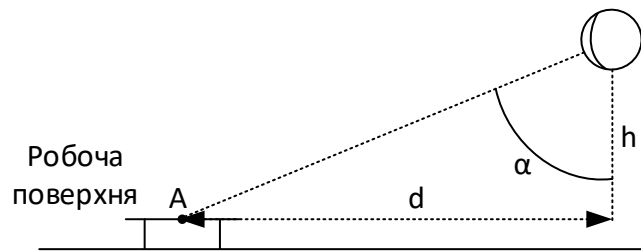


Рисунок 2.7 – Параметри, що необхідні для визначення освітленості від світильника в точці А

Визначимо відстань d від проєкції світильника 1 до точки А, використовуючи дані плану (рис. 2.1):

$$d = \sqrt{2,0^2 + 2,0^2} = 2,83 \text{ м}$$

Визначаємо кут α від світильника 1 до точки А:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{d}{h}\right) = \arctg\left(\frac{2,83}{4}\right) = 35,3^\circ$$

Визначаємо значення сили світла, приведені до світлового потоку світильника 1000 лм, з КСС (рис. 2.2)

$$I_{41^\circ} = 139 \text{ кд.}$$

Визначаємо освітленість в точці А від світильника 1:

$$E_{A(1)} = \frac{12,5 \cdot 139 \cdot \cos^3(35,3^\circ)}{4^2} = 59,1 \text{ лк.}$$

Світильники 2, 6, 7 розташовані на такій же відстані від точки А, що і світильник 1. Тому освітленість від усіх цих світильників в точці А буде:

$$E_{A(1,2,6,7)} = E_{A(1)} \cdot 4 = 59,1 \cdot 4 = 236,4 \text{ лк.}$$

Аналогічно розраховуємо освітленості від інших найближчих світильників приміщення. Результати розрахунку наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок освітленості в точці А

Світильник	n, шт	h, м	A, м	B, м	d, м	$\alpha, ^\circ$	$I\alpha_{1000},$ кд	E(1), лк	E(n), лк
1,2,6,7	4	4	2	2	2,83	35,26	139	59,1	236,4
3,8	2	4	2	6	6,32	57,69	5	0,6	1,2
11,12	2	4	6	2	6,32	57,69	5	0,6	1,2
13	1	4	6	6	8,49	64,76	3	0,2	0,2
EΣ(A)									239,0

За результатами розрахунків, як видно в табл. 2.1, освітленість в точці А від усіх світильників, очікується на рівні 166,1 лк.

Перевіримо відповідність значення мінімальної освітленості в точці А вимогам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Згідно вказаного нормативного документу в приміщенні мінімальне значення нормованої освітленості становить 200 лк [4].

Згідно умови (2.1)

$$1,2 \cdot 200 = 240 > 239 \text{ лк.}$$

Отже, вимога виконується. Існуюча система освітлення задовільняє вимогу щодо відповідності фактичної освітленості на робочій поверхні значенню нормованої (мінімальної) освітленості для даного цеху.

2.4 Моделювання системи освітлення в прикладній програмі DiALUX

Для моделювання системи освітлення виробничого цеху в програмі DiALUX необхідно виконати алгоритм дій, який може бути подано наступними кроками:

1. Запускаємо прикладну програму і вводимо параметри приміщення: висоту, довжину і ширину
2. З каталогу виробника світильника завантажуюмо в програму файл-плагін світильника ГСП, який призначений для роботи з лампою ДРЛ, потужністю 250 Вт.
3. Розташовуємо світильники в приміщенні на відповідних відстанях. За результатами розташування в електронному звіті можна буде побачити план розташування світильників (рис. 2.8):

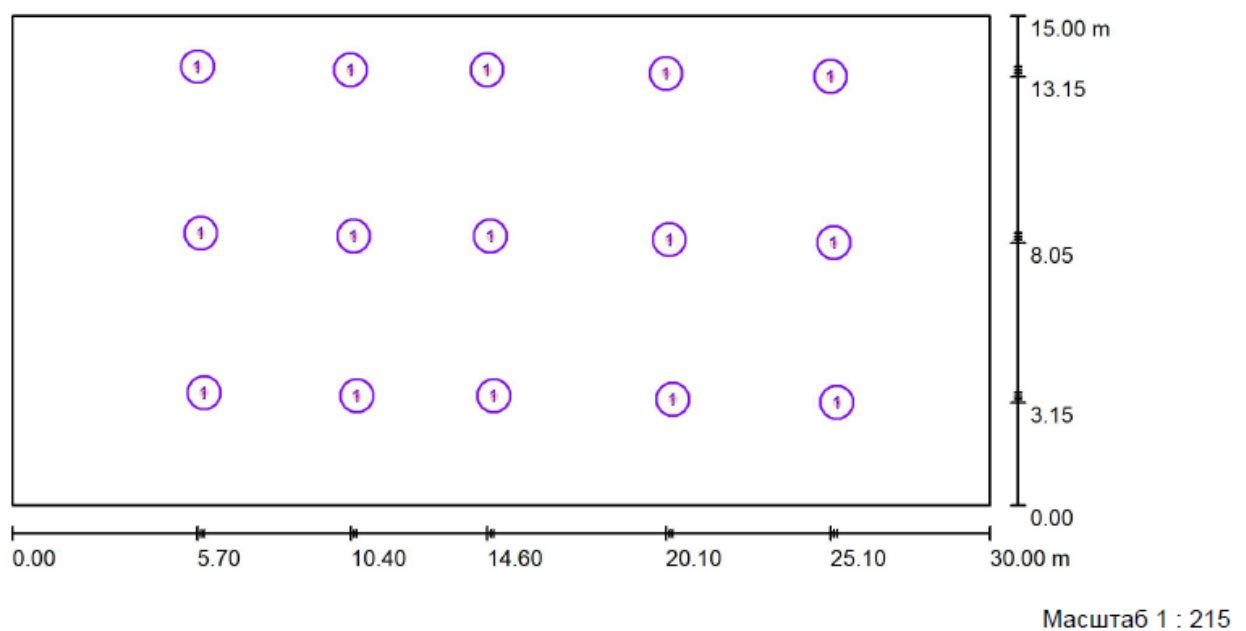


Рисунок 2.8 – План розташування світильників

4. Натискаємо кнопку «Запустити розрахунок» і вказуємо необхідні показники результатів.

5. Після завершення розрахунку можна сформувати звіт в PDF файлі, який дозволить побачити інформацію про параметри світильників (потужність, виробник, розміри світильника), криву сили світла світильника (рис. 2.9) та інші:

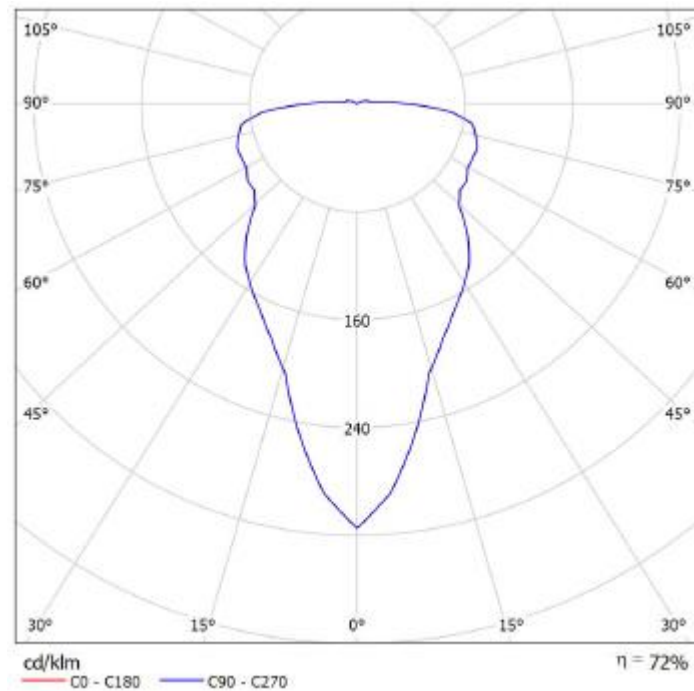


Рисунок 2.9 – Крива сили світла світильника ГСП

6. За результатами розрахунків в звіті показується тривимірна 3-D візуалізація системи освітлення, на якій показано виробниче приміщення в тривимірному просторі, розташовані світильники, а також показаний світловий потік, який потрапляє як на виробничі поверхні, а також на стелю, стіни і підлогу. Таким чином візуалізація дозволяє наочно побачити результати функціонування системи освітлення із світильниками, що встановлені в конкретному приміщенні на конкретних відстанях (рис. 2.10).

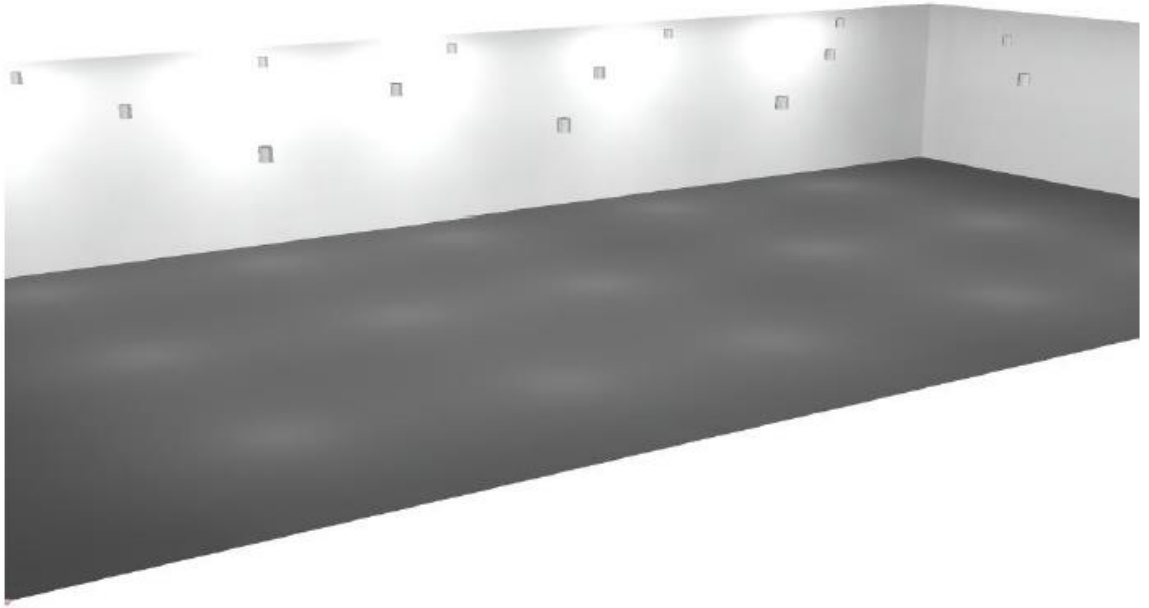


Рисунок 2.10 – Тривимірна візуалізація системи освітлення

7. У звіті також можна побачити багато потрібних і цінних показників, даних. Серед них варто підкреслити ізолінії освітленості, які дозволяють побачити розподіл освітленості на робочій поверхні (рис. 2.11).

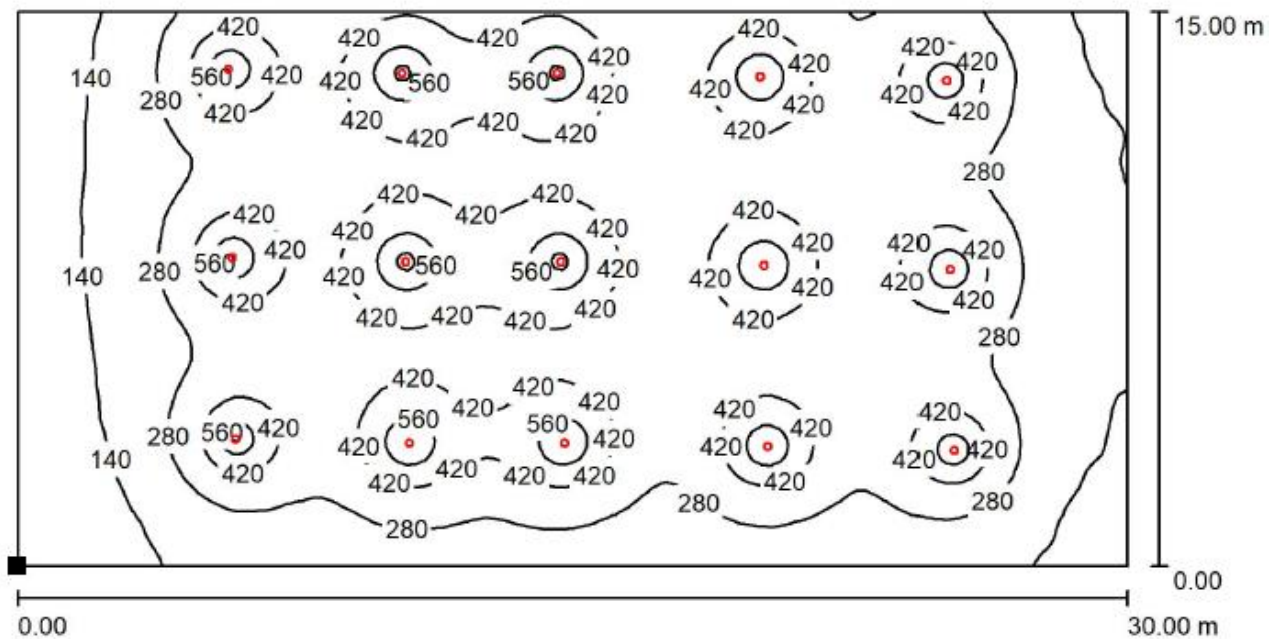


Рисунок 2.11 – Ізолінії освітленості

8. Окрім ізоліній освітленості в звіті наведено значення освітленостей в точках приміщення на робочих поверхнях. Таке представлення називається графіком значень освітленостей (рис. 2.12)

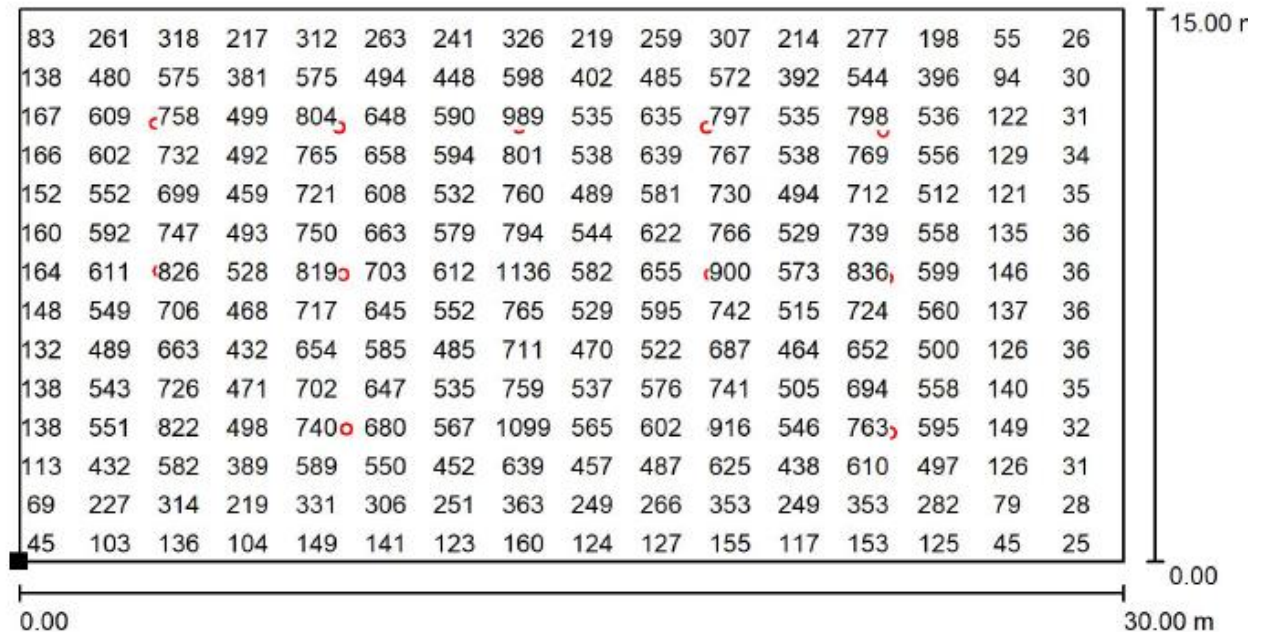


Рисунок 2.12 – Графік значень освітленостей на робочій поверхні

Висновок: за результатами світлотехнічних розрахунків з використанням точкового методу визначено мінімальну освітленість на робочій поверхні цеху, яка складає 239 лк. Змодельовано роботу системи освітлення цеху з лампами ДРЛ-250 і світильниками типу ГСП в результаті чого отримали близькі значення освітленості, які розраховані вручну.

2.5 Розрахунок електричних навантажень освітлювальної мережі

Розрахунок освітлювального навантаження необхідно виконувати для подальшого вибору перерізу ліній живлення системи освітлення а також комутаційно-захисних апаратів.

1. Розрахункова потужність освітлення приміщення може бути визначена за формулою [1]

$$P_{po} = n_{св} \cdot P_{дж} \cdot k_{пра}, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

де $n_{св}$ – кількість світильників в приміщенні;

$k_{пра}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі (табл. 2.2) [1];

$P_{дж}$ – потужність джерела світла, Вт;

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнту $k_{пра}$ для розрахунку потужності системи освітлення

Показник	Значення	Умови використання
$k_{пра}$	1,1	ДРЛ
	1,2	Люмінесцентні і стартерні
	1,3 – 1,35	Люмінесцентні і безстартерні

$$P_{po} = 15 \cdot 250 \cdot 1,1 = 4125 \text{ Вт.}$$

2. Розрахунковий струм освітлювальної системи визначають за формулою:

$$I_p = \frac{P_{po}}{U_{нф} \cdot \cos \varphi}, \text{ А} \quad (2.5)$$

де $U_{нф}$ – номінальне значення фазної напруги електричної мережі, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності освітлювального навантаження, що визначається з табл. 2.3:

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти потужності джерел світла

Тип лампи	$\cos\varphi$, в.о.
Л. Люмінесцентні	0,92
Л. Розжарювання	1,00
ДРЛ і ДРВ з компенсованими ПРА	0,85
ДРЛ і ДРВ з не компенсованими ПРА	0,3-0,5
Газоосвітлювальні рекламні установки	0,35-0,4

Розрахунковий струм лінії, яка живить щит освітлення:

$$I_p = \frac{4125}{220 \cdot 0,85} = 22 \text{ А};$$

Розрахунковий струм ряду світильників:

$$I_{p.ряду} = \frac{4125}{3 \cdot 220 \cdot 0,85} = 7,3 \text{ А}.$$

2.6 Вибір провідників та комутаційно-захисної апаратури освітлювальної мережі

Вибір перерізу кабелів здійснюється за допустимим нагрівом і перевіряється за допустимими втратами напруги.

Умови перевірки за допустимим нагрівом [1]:

$$I_{don} \geq \begin{cases} I_p & \text{для нормальних приміщень;} \\ 1,25 \cdot I_p & \text{для вибухонебезпечних приміщень,} \end{cases} \quad (2.6)$$

де I_{don} – допустимий згідно ПУЕ струм вибраного перерізу лінії;

I_p – розрахунковий струм лінії,

та за допустимою втратою напруги:

$$s \geq s_{\Delta U}, \quad (2.7)$$

де s – переріз провідника, мм²;

$s_{\Delta U}$ – переріз провідника, що забезпечує допустиму втрату напруги ΔU (5-7,5%).

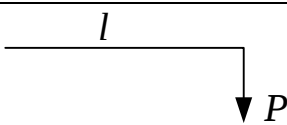
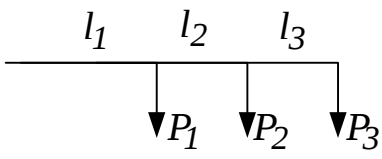
Вибір перерізу провідників з врахуванням втрат напруги виконується за розрахунковим значенням перерізу відповідно до формули:

$$s = \frac{M_H}{c\varepsilon}, \quad (2.8)$$

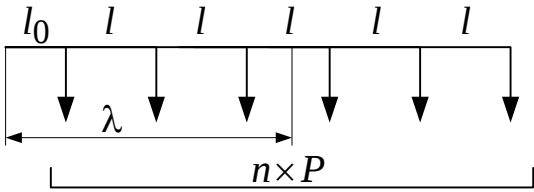
де: s – переріз провідників освітлювальної мережі, мм²;

M_H – момент навантаження, кВт·м, що визначається відповідно до виразів (табл. 2.4):

Таблиця 2.4 – Визначення моментів освітлювального навантаження

Схема	Вираз
	$M_H = P \cdot l$
	$M_H = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3)$

Продовження таблиці 2.4 – Визначення моментів освітлювального навантаження

	$M_H = nP \left[l_0 + \frac{l(n-1)}{2} \right] = nP\lambda$
---	--

де P – активна потужність освітлювального навантаження, що живиться від розподільчого пристрою;

ε – втрати напруги, %;

c – постійна, яка залежить від роду струму, напруги і провідності матеріалу проводів (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Значення постійної c , яка враховується у виразі для визначення перерізу провідників освітлювальної мережі

Вид струму	Вид мережі	Матеріал проводу	
		мідь	алюміній
Струм змінний	3ф + N (380/220)	77	46
Струм змінний чи постійний	1ф (220В)	12,8	7,7
Струм змінний	3ф без N (36В)	0,68	0,42

Оптимальний переріз можна знайти також і за довідниковими даними, якщо знати інформацію про M та ε . За цими ж даними, якщо знати M та s , можна визначити втрату напруги.

У разі розрахунку розгалуженої мережі живлення, розподілення втрат напруги поміж ділянками мережі здійснюють за умови загального мінімуму витрат металу провідників.

Для вибір автоматичних вимикачів необхідне є виконання умов [3]

$$I_{н.розч} \geq k_{відс} \cdot I_p; \quad (2.9)$$

$$I_{sv} \geq \frac{N \cdot I_{pic}}{K_{kr} \cdot K_{nr}}, \quad (2.10)$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчіплювача [3];

$k_{відс}$ – коефіцієнт відстроювання захисту від перевантажень (для автоматичних вимикачів з напівпровідниковим розчіплювачем приймається рівним 1) [3];

I_p – розрахунковий максимальний струм приєднаних споживачів електроенергії;

I_{sv} – струм спрацювання відсічки;

N – кількість світильників в лінії;

K_{kr} – коефіцієнт кривої спрацювання захисного апарата (автоматичного вимикача). Він може бути рівним 3; 5; 10; 10 і 2 для амперсекундних захисних характеристик автоматичних вимикачів типів В, С, D, К і Z відповідно;

K_{nr} – коефіцієнт нерозчіплювання, який за вказаних тривалості імпульсу пускового струму $\Delta t = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ мс, дорівнює відповідно 27,0; 16,2; 9,0; 6,5; 5,2;

В [3] вказано, що струм спрацювання відсічки можна визначати також за виразом:

$$I_{sv} \geq k_n \cdot I_{pic}, \quad (2.11)$$

де k_n – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки (для автоматичних вимикачів з напівпровідниковим розчіплювачем приймається рівним 1,5) ;

I_{pic} – пусковий (стартовий) струм одного світильника (визначається за даними підприємства-виробника). Наприклад в [3] зазначено такі параметри запуску деяких джерел світла (табл. 4.3):

Таблиця 2.4 – Пускові параметри джерел світла

Тип лампи	Кратність пускового струму, не більше	Тривалість пускового струму, не більше
Лампа розжарювання	15	0,3
Галогенна лампа	15	0,3
Люмінесцентна лампа	1,5	3
Металогалогенна лампа	1,5	600
Натрієва лампа	1,5	900

План освітлювальної мережі наведено на рис. 2.4.

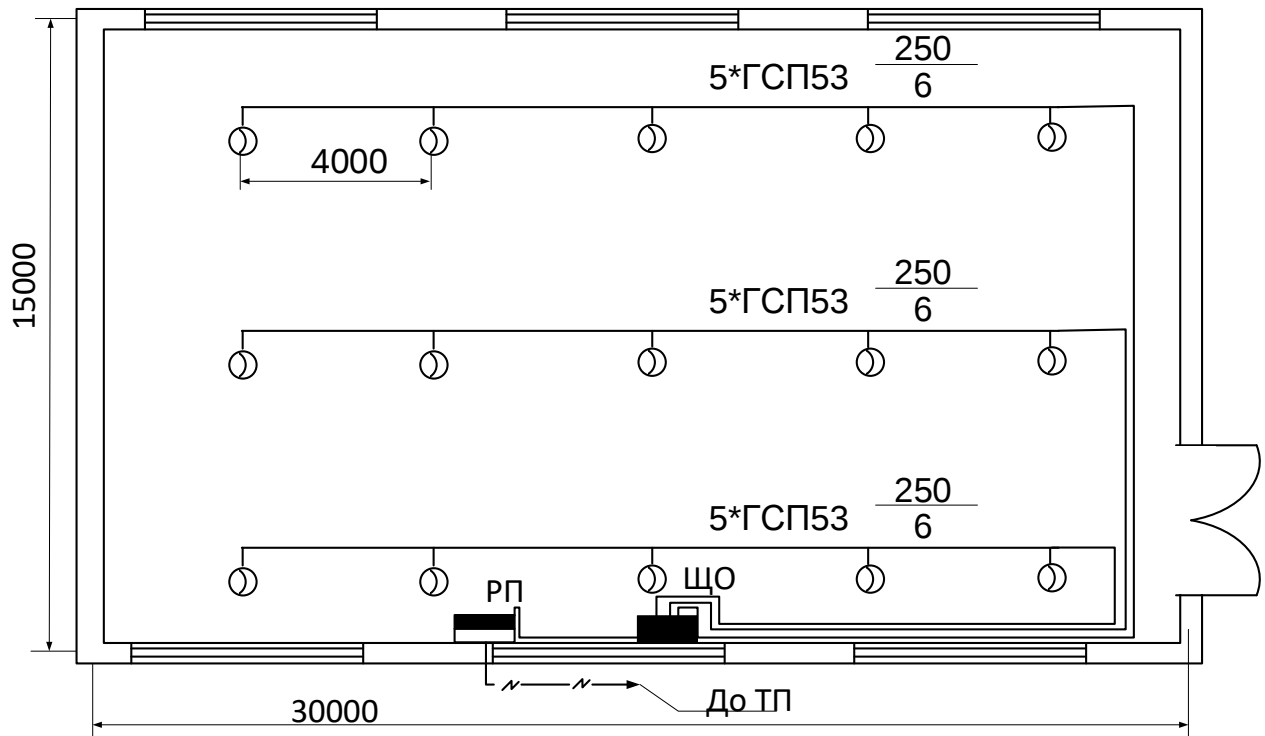


Рисунок 2.4 – План освітлювальної мережі цеху

Виберемо провідники ліній від РП до ЩО і від ЩО до рядів світильників (рис. 2.4).

Розрахунковий струм лінії від РП до ЩО складає 22 А.

Перевіряємо можливість використання одного двожильного проводу з мідними жилами і вініловою ізоляцією, перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ і допустимим струмом 25 А [1]

$$I_{\text{дон}} = 25(\text{А}) \geq I_p = 22(\text{А}).$$

Розрахунковий струм лінії від ЩО до ряду світильників складає 7,3 А.

Перевіряємо можливість використання одного двожильного проводу з мідними жилами і вініловою ізоляцією, перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ і допустимим струмом 18 А [1]

$$I_{don} = 18(\text{A}) \geq I_p = 7,3(\text{A}).$$

Перевірка вибраних провідників за втратою напруги

Складемо розрахункову схему для визначення параметрів розрахунку оптимального перерізу лінії

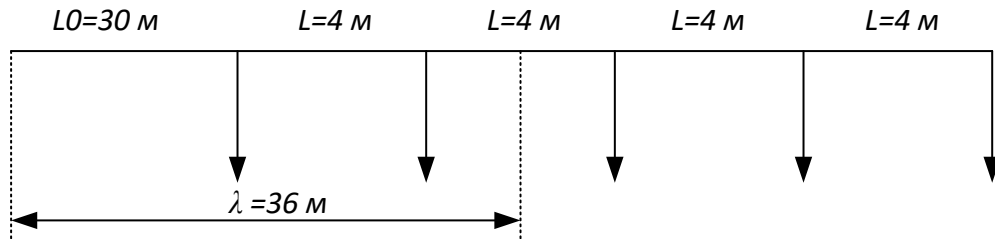


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема для визначення втрат напруги в освітлювальній мережі (ряд світильників)

Відповідно до даних табл. 2.4 момент навантаження визначається відповідно до виразу

$$M_H = nP \left[l_0 + \frac{l(n-1)}{2} \right] = nP\lambda,$$

де $n = 5$ світильників;

$$P = 0,25 \text{ кВт};$$

$$\lambda = 36 \text{ м.}$$

$$M_H = 5 \cdot 0,25 \cdot 36 = 45 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Відповідно до (2.8) мінімально допустимий преріз провідників лінії буде

$$s = \frac{45}{12,8 \cdot 3} = 1,17 \text{ мм}^2,$$

Отже, можливість використання одного двожильного проводу з мідними жилами і вініловою ізоляцією, перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ підтверджується.

Перевіримо вибраний провід від РП до ЩО

Складемо розрахункову схему для визначення параметрів розрахунку оптимального перерізу лінії

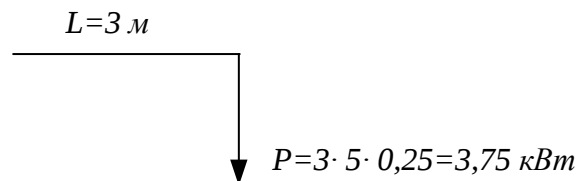


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема для визначення втрат напруги в освітлювальній мережі (ділянка РП-ЩО)

Відповідно до даних табл. 2.4 момент навантаження визначається відповідно до виразу

$$M_H = P \cdot l,$$

де $P = 3,75 \text{ кВт}$;

$l = 3 \text{ м}$.

$$M_H = 3,75 \cdot 3 = 11,25 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Відповідно до (2.8) мінімально допустимий преріз провідників лінії буде

$$s = \frac{11,25}{12,8 \cdot 2} = 0,44 \text{ мм}^2,$$

Отже, можливість використання одного двожильного проводу з мідними жилами і вініловою ізоляцією, перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ підтверджується.

Вибираємо автоматичний вимикач для лінії від РП до ЩО:

$$I_{н.розч} \geq 1 \cdot 22 \geq 22 \text{ [A];}$$

$$I_n = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ (A);}$$

$$I_{с.в.} \geq 1,5 \cdot 33 = 49,5 \text{ (A),}$$

Вибір вимикача здійснюватимемо з переліку сучасних і надійних вимикачів марки АВВ. Для захисту ліній Л1 пропонуємо вимикач серії SACE Tmax XT2 з напівпровідниковим розчіплювачем Екір М-LIU [1].

Вибираємо автоматичний вимикач серії SACE Tmax XT2 з напівпровідниковим розчіплювачем Екір М-LIU з параметрами:

$$I_{н.вим} = 160 \text{ [A];}$$

$$I_{н.розч} = 25 > 22 \text{ [A];}$$

$$I_{с.в.} = 22 \cdot 6 = 132 > 49,5 \text{ [A],}$$

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Техніко-економічні показники систем освітлення

Пропонується порівняльний аналіз функціонування системи освітлення з лампами ДРЛ і з світлодіодними світильниками.

Система освітлення з лампами ДРЛ характеризується такими показниками (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 – Характеристики системи освітлення з лампами ДРЛ

Показник	Характеристика
Тип світильника	ГСП 53
$P_{\text{л}} = 250 \text{ Вт}$	Потужність лампи ДРЛ
$\Phi_{\text{ГСП}} = 12500 \text{ лм}$	Світловий потік світильника ГСП
$k_{\text{ПРА}} = 1,12$	Коефіцієнт втрат в пуско-регулювальній апаратурі світильника
$T_{\text{сл}}(\text{ДРЛ}) = 5000 \text{ год}$	Термін служби лампи ДРЛ
$B_{\text{ДРЛ}} = 200 \text{ грн}$	Вартість лампи ДРЛ
$B_{\text{зам}}(\text{ДРЛ}) = 100 \text{ грн}$	Вартість заміни лампи ДРЛ під час виходу її з ладу
$B_{\text{демонт}}(\text{ГСП}) = 300 \text{ грн}$	Вартість демонтажу одного світильника ГСП

За результатами проведеного експрес енергоаудиту було запропоновано замінити існуючі світильники з лампами ДРЛ на більш енергоефективні світлодіодні світильники Дзвін 120.

Система освітлення із світлодіодними світильниками характеризується такими показниками (табл. 3.2):

Таблиця 3.2 – Характеристики системи освітлення із світлодіодними світильниками

Показник	Характеристика
Тип світильника	Дзвін 120
$P_{LED} = 120$ Вт	Потужність світлодіодного світильника
$\Phi_{LED} = 14200$ лм	Світловий потік LED-світильника
$T_{сл(LED)} = 40000$ год	Термін служби LED-світильника
$B_{LED} = 7500$ грн	Вартість LED-світильника
$B_{монт(LED)} = 800$ грн	Вартість монтажу одного світлодіодного світильника (з урахування матеріалів кріплення)
$C_W = 6$ грн/кВт·год	Тариф на електроенергію

Загальні характеристики системи освітлення наведено в табл 3.3.

Таблиця 3.3 – Загальні характеристики LED-системи освітлення

Показник	Характеристика
Тип світильника	Дзвін 120
$C_W = 6$ грн/кВт·год	Тариф на електроенергію
$N_{зм} = 2$	Кількість змін роботи системи освітлення на добу
$T_{зм} = 8$ год	Тривалість однієї зміни
$N_{дн} = 5$ днів	Кількість днів роботи на тижень
$N_{тиж} = 52$	Кількість тижнів роботи системи освітлення на рік

3.2 Техніко-економічне порівняння діючої і розробленої системи освітлення виробничого приміщення

Для техніко-економічного порівняння експлуатації діючої і LED систем освітлення пропонується вирішити наступні задачі:

1. Визначити річний обсяг споживання електричної енергії існуючою $W_p(\text{ДРЛ})$ (кВт·год/рік) та світлодіодною $W_p(\text{LED})$ (кВт·год/рік) системами

освітлення.

2. Визначити річний обсяг енергозбереження ΔW_p (кВт·год/рік) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники.

3. Визначити річний обсяг заощаджень коштів ΔE_p (грн/рік) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники.

4. Визначити обсяг інвестицій I (грн), необхідних для модернізації існуючої системи освітлення шляхом замінити існуючі світильники з лампами ДРЛ на більш енергоефективні світлодіодні світильники.

5. Визначити простий термін окупності заходу щодо заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники.

6. Визначити результуючий обсяг споживання електричної енергії існуючою $W_p(\text{ДРЛ})$ (кВт*год/рік) та світлодіодною $W_p(\text{LED})$ (кВт*год/рік) системами освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників.

7. Визначити результуючий обсяг заощаджень коштів $\Delta E_{\text{рез}}$ (грн) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники за період терміну служби світлодіодних світильників.

Задача 1. Визначення річного обсягу споживання електричної енергії системами освітлення:

- система освітлення з лампами ДРЛ:

$$W_p(\text{ДРЛ}) = N_{зм} \cdot T_{зм} \cdot N_{дн} \cdot N_{тиж} \cdot N_{св} \cdot P_{л} \cdot k_{ППА} = 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 52 \cdot 15 \cdot 0,25 \cdot 1,12 = 17472$$

кВт·год;

- система освітлення з LED-світильниками:

$$W_p(\text{LED}) = N_{зм} \cdot T_{зм} \cdot N_{дн} \cdot N_{тиж} \cdot N_{св} \cdot P_{LED} = 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 52 \cdot 15 \cdot 0,12 = 7488$$

кВт·год.

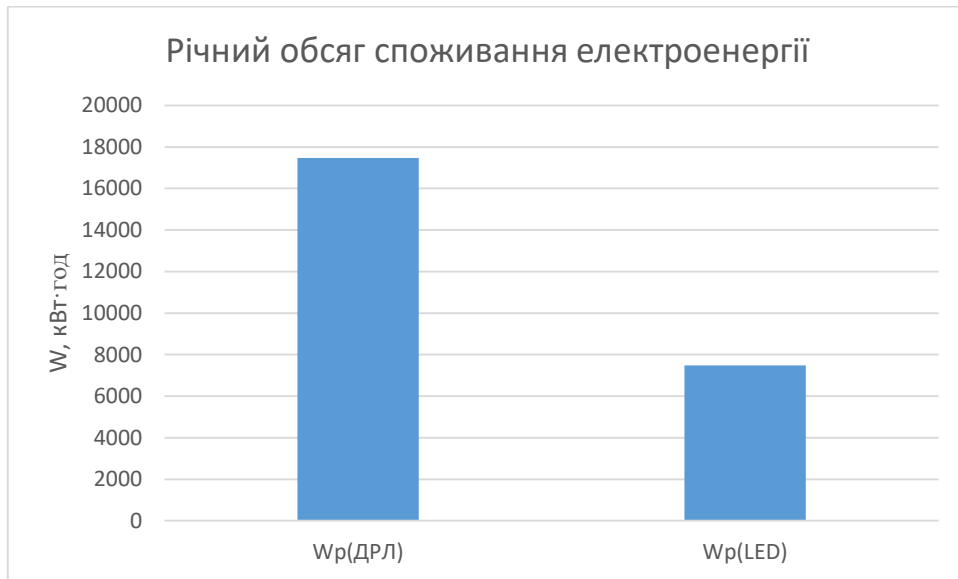


Рисунок 3.1 – Річний обсяг споживання електроенергії двома системами освітлення

Задача 2. Визначення річного обсягу енергозбереження ΔW_p (кВт·год/рік) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники

$$\Delta W_p = W_p(\text{ДРЛ}) - W_p(\text{LED}) = 17472 - 7488 = 9984 \text{ кВт·год/рік.}$$

Задача 3. Визначення річного обсягу заощаджень коштів ΔE_p (грн/рік) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники

$$\Delta E_p = \Delta W_p \cdot C_W = 9984 \cdot 6 = 59904 \text{ грн/рік.}$$

Задача 4. Визначення обсягу інвестицій I (грн), необхідних для модернізації існуючої системи освітлення шляхом заміни існуючих світильників з лампами ДРЛ на більш енергоефективні світлодіодні світильники

$$\begin{aligned} I &= B_{\text{демонт}}(\text{ГСП}) \cdot N_{\text{св}} + (B_{\text{монт}}(\text{LED}) + B_{\text{LED}}) \cdot N_{\text{св}} = \text{грн.} \\ &= 300 \cdot 15 + (800 + 7500) \cdot 15 = 129000 \end{aligned}$$

Задача 5. Визначення простого терміну окупності заходу щодо заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники

$$T_{ок} = \frac{I}{\Delta E_p} = \frac{129000}{59904} = 2,15 \text{ року.}$$

Задача 6. Визначити результуючий обсяг споживання електричної енергії існуючою $W_p(\text{ДРЛ})$ (кВт*год/рік) та світлодіодною $W_p(\text{LED})$ (кВт*год/рік) системами освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників.

– існуючою системою освітлення:

$$W_p(\text{ДРЛ}) = T_{сл(\text{LED})} \cdot N_{св} \cdot P_{л} \cdot k_{ППА} = 40000 \cdot 15 \cdot 0,25 \cdot 1,12 = 168000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

– світлодіодною системою освітлення:

$$W_p(\text{LED}) = T_{сл(\text{LED})} \cdot N_{св} \cdot P_{LED} = 40000 \cdot 15 \cdot 0,12 = 72000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

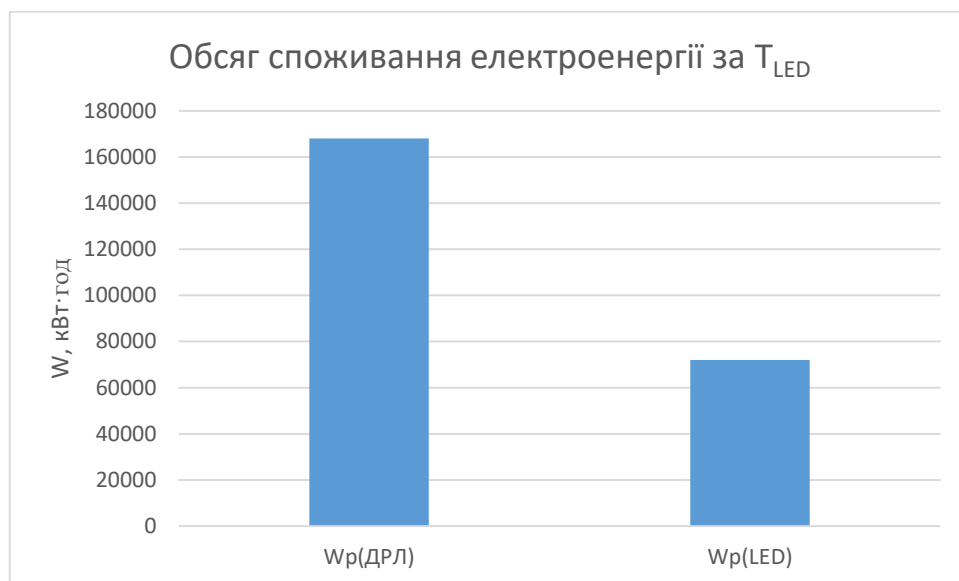


Рисунок 3.2 – Результуючий обсяг споживання електричної енергії за період терміну служби світлодіодних світильників

Задача 7. Визначення результуючого обсягу заощаджень коштів $\Delta E_{рез}$ (грн) від заміни світильників ГСП 53 з лампами ДРЛ-250 на світлодіодні світильники за період терміну служби світлодіодних світильників

$$\Delta E_{рез} = (W_p(ДРЛ) - W_p(LED)) \cdot C_W + (B_{зам(ДРЛ)} + B_{ДРЛ}) \cdot N_{св} \cdot \frac{T_{сл(LED)}}{T_{сл(ДРЛ)}} =$$

$$= (168000 - 72000) \cdot 6 + (100 + 200) \cdot 15 \cdot \frac{40000}{5000} = 612000 \text{ грн.}$$

Результати техніко-економічного аналізу наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати техніко-економічного аналізу

Параметр	Значення	Опис параметру
$W_p(ДРЛ)$	17472 кВт·год	Річний обсяг споживання електричної енергії системою освітлення з лампами ДРЛ
$W_p(LED)$	7488 кВт·год	Річний обсяг споживання електричної енергії системою освітлення з LED світильниками
ΔW_p	9984 кВт·год	Річний обсяг енергозбереження від заміни ДРЛ на LED
ΔE_p	59904 грн	Річний обсяг заощаджень коштів від заміни ДРЛ на LED
I	129000 грн	Обсяг інвестицій, необхідних для модернізації існуючої системи освітлення
$T_{ок}$	2,15 року	Простий термін окупності заходу щодо заміни світильників ГСП 53 на LED
$W_p(ДРЛ)_{T_{LED}}$	168000 кВт·год	Результуючий обсяг споживання електричної енергії існуючою системою освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників

Продовження таблиці 3.4 – Результати техніко-економічного аналізу

1	2	3
$W_p(LED)_{T_{LED}}$	72000 кВт·год	Результуючий обсяг споживання електричної енергії LED системою освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників
$\Delta E_{рез}$	612000 грн	Результуючий обсяг заощаджень коштів від заміни світильників ГСП 53 на світлодіодні світильники за період терміну служби світлодіодних світильників

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської дипломної роботи розглянуті питання з охорони праці, що були враховані під час організації оперативного обслуговування обладнання системи освітлення об'єктів філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції». Визначаємо шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативний персонал електростанції [8, 9]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час оперативного обслуговування електроустановок

Оперативне обслуговування електроустановок може здійснюватися як місцевими оперативними чи оперативно-ремонтними працівниками, за якими закріплена ця електроустановка, так і виїзними, за якими закріплена група електроустановок. Вид оперативного обслуговування, кількість оперативних

працівників в зміну чи на електроустановці визначаються особою, відповідальною за електрогосподарство, за узгодженням з керівництвом підприємства (організації) і зазначається в місцевих інструкціях. До оперативного обслуговування електроустановок допускаються працівники, які знають оперативні схеми, посадові і експлуатаційні інструкції, інструкції з охорони праці, особливості обладнання і пройшли навчання, дублювання та перевірку знань ПБЕ ЕЕС та ПТЕ ЕЕС.

Оперативні працівники, які обслуговують електроустановки одноосібно, та ті старші в зміні чи бригаді оперативні працівники, за якими закріплені електроустановки, повинні мати групу з електробезпеки IV в електроустановках напругою понад 1000 В і III – в електроустановках напругою до 1000 В. Оперативні працівники повинні працювати за графіком, затвердженим особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства чи структурного підрозділу.

Оперативні працівники, які заступають на чергування, мають прийняти зміну від попереднього чергового, здати зміну наступному черговому у відповідності з графіком. Припинення чергування без здачі зміни забороняється. У виняткових випадках залишення робочого місця є допустимим з дозволу оперативного працівника вищої посади. Під час приймання зміни оперативний працівник зобов'язаний:

- ознайомитися зі схемою і станом та режимом роботи устаткування на своїй ділянці особистим оглядом в обсязі, встановленому інструкцією;
- одержати від чергового, який здає зміну, інформацію про стан устаткування, за яким необхідно вести ретельний нагляд для запобігання аваріям та неполадкам, а також про стан устаткування, що перебуває в ремонті або резерві;
- перевірити і прийняти інструмент, матеріали, ключі від приміщень, засоби захисту, оперативну документацію та інструкції;
- ознайомитися з усіма записами та розпорядженнями за час, що минув з його останнього чергування;

- оформити приймання зміни записом у журналі, відомості, а також в оперативній схемі власним підписом та підписом працівника, який її здає;
- доповісти старшому зміни про початок чергування та про неполадки, виявлені під час прийняття зміни.

Забороняється прийняття та здача зміни у випадках, коли на ділянці, яка обслуговується, робочі місця не прибрані, устаткування забруднене. Прийняття зміни, коли устаткування несправне чи є відхилення від нормального режиму його роботи, допускається тільки з дозволу особи, відповідальної за електрогосподарство підприємства, або оперативного працівника вищого рівня, про що робиться запис в оперативному журналі. Оперативні працівники під час свого чергування є відповідальними за правильне обслуговування та безаварійну роботу всього устаткування на закріпленій за ними ділянці.

В разі порушення режиму роботи, пошкодженні чи аварії електроустаткування оперативний працівник зобов'язаний негайно вжити заходів з відновлення схеми нормального режиму роботи і повідомити про те, що сталося, безпосередньо старшому у зміні працівнику або особі, відповідальній за електрогосподарство. У випадку неправильних дій оперативних працівників під час ліквідації аварії старший в зміні оперативний працівник зобов'язаний прийняти на себе керівництво і відповідальність за подальший перебіг ліквідації аварії.

Оперативні працівники повинні проводити обходи та огляди устаткування і виробничих приміщень на закріпленій за ним ділянці. Огляд електроустановок може виконуватись одноосібно:

- адміністративно-технічним працівником з групою V в електроустановках понад 1000 В і з групою IV — в електроустановках до 1000 В;
- оперативним працівником, який обслуговує цю електроустановку.

Список адміністративно-технічних працівників, яким дозволяється одноосібний огляд, встановлюється особою, відповідальною за електрогосподарство і затверджується керівником підприємства.

Забороняється під час огляду електроустановок виконувати будь-яку

роботу. Огляди, виявлення та ліквідація несправностей в електроустановках без місцевих чергових працівників виконуються централізовано виїзними працівниками, що здійснюють нагляд і роботи на об'єкті (чи групі об'єктів). Періодичність цих робіт встановлюється особою, відповідальною за електрогосподарство, залежно від місцевих умов. Результати оглядів фіксуються в оперативному журналі.

Двері приміщень електроустановок (щитів, збірок тощо) мають бути постійно замкнені. Для кожного приміщення має бути не менше двох комплектів ключів, один з яких є запасним. Ключі від приміщень РУ не повинні пасувати до дверей комірок і камер.

Ключі підлягають поверненню щоденно після закінчення роботи.

4.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання з переробки фруктів і овочів та системи освітлення здійснюється від мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 x 220 В з частотою 50 Гц. Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [11, 12]. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час виконання робіт:

1) Для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні однофазних споживачів струму при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Умови праці визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, які оточують людину, та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінювання [13]. Категорія робіт, що виконується оперативним персоналом – Па – пов'язано з постійною ходьбою і перенесенням невеликих вантажів масою до 1 кг. За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови визначаємо як допустимі (таблиця 4.1). В умовах роботи назовні приміщень допустима температура не повинна перевищувати такі межі: 22,0-25,1 °С; шкідлива: 1 ступеня – 25,2-25,5; 2 ступеня

– 25,6-26,3; 3 ступеня – 26,3-27,3; 4 ступеня – 27,4-29,9 °C [8].

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості: Іб	17-23	75	не > 0,3
Теплий	Середньої важкості: Іб	18-27	65 при 26 °C	0,2-0,4

Необхідно, щоб в приміщеннях для оперативного персоналу була постійна циркуляція повітря або встановлений кондиціонер [14]. Влітку при значних вологовтратах і значному часі опромінення інфрачервоною радіацією споживають охолоджену до 15-20°C підсолону (0,5 % HCl) газовану воду. Вживання підсоленої води запобігає згущенню крові, сприяє утриманню її в організмі, покращує самопочуття й підвищує працездатність. Із заходів особистої профілактики після теплових навантажень рекомендуються гідропроцедури.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [13]. Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб. м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати пил якнайчастіше, щодня протирати запилені поверхні обладнання з використанням продувки або пилососа. Потрібно планувати прибирання так, щоб воно приходилось на час коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [15], роботи з обслуговування сонячного трекера, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак- ка зорової роботи	Найменший або еквівалент- ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під- розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характе- ристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Висо- кої точн- ості	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

4.2.4 Виробничий шум

Шум у приміщенні широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-

85, ГР 2411-81 [16] і наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання), слід використовувати поза межами приміщень.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об’ємні поглинаючі тіла довільної форми. Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший. Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію

звукопоглинаючої підвісної стелі.

4.2.5 Виробнича вібрація

Джерелами вібрацій на енергетичних об'єктах є технологічне устаткування, електроінструмент і вентилятори. Норми виробничої вібрації на постійних робочих місцях в приміщеннях об'єктів будівництва, визначені за [17], наведено в таблиці 4.5. Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: створення амортизаторів в яких використовують пружини, гуму та інші пружні матеріали; розміщення будівельних конструкцій на масивних фундаментах; встановлення додаткових реактивних опорів.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3* 108	0,45 99	0,22 93	0,2 92	0,2 92	0,2 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с}^* 10''$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Також серед технічних заходів уникнення шкідливого впливу вібрації – створення нових конструкцій інструментів і машин, вібрація яких не може виходити за безпечні для людини межі, а зусилля не повинні перевищувати 15-20 кг. Усі деталі машин та агрегатів, що рухаються, повинні ретельно врівноважуватися, а для зменшення динамічних сил, які спричиняють вібрації, слід застосовувати змащування та ін.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Правила пожежної безпеки в Україні» та інші правила пожежної безпеки для промислових підприємств і окремих об'єктів [18, 19]. Визначення пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів здійснюється за рекомендаціями [20], а, відповідно, категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок, де вони використовуються, зберігаються тощо, за [21].

Отже, приміщення філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції» за вибухонебезпечою та пожежонебезпечою відносяться до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; а також, частково, категорії В, в яких знаходяться та будуть знаходитися (зберігатися) легкозаймисті, горючі і/або важко горючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важко горючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важко горючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна може перевищити 180 МДж•м².

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості. До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного

покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [22] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (перегородки)				плити, настипи, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [22] наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрытия	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території філії «Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції» встановлено 34 порошкових (ВП) та водопінних (ВВП) вогнегасників ємністю 5 та 9 л. [23].

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз системи освітлення виробничого приміщення на діючому підприємстві.

Розроблено світлотехнічну частину діючої системи освітлення приміщення, в якому для освітлення застосовуються лампи типу ДРЛ. За результатами світлотехнічних розрахунків з використанням точкового методу визначено мінімальну освітленість на робочій поверхні цеху, яка складає 239 лк. Змодельовано роботу системи освітлення цеху з лампами ДРЛ-250 і світильниками типу ГСП в результаті чого отримали близькі значення освітленості, які розраховані вручну.

Розроблено електротехнічну частину діючої системи освітлення приміщення, в якому для освітлення застосовуються лампи типу ДРЛ. Вибрано провідники лінії живлення і апарати захисту.

Проведено техніко-економічне порівняння діючої та розробленої системи освітлення, показано, що остання є більш енергоефективною. Результуючий обсяг заощаджень коштів від заміни світильників ГСП 53 на світлодіодні світильники за період терміну служби світлодіодних світильників склав 612 000 грн

Розроблені заходи з охорони праці під час експлуатації освітлювальних установок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
2. Особливості освітлення підстанцій / [Бабенко О.В., Левчук І.Б.], матеріали LIV Науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/schedConf/presentations>
3. Терешкевич Л. Б. Освітлення промислових споруд та житлових будинків. Навчальний посібник / Л. Б. Терешкевич, О. В. Бабенко. Вінниця : ВНТУ, 2021. 123 с.
4. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.
5. Салтиков В. О. Освітлення міст / В. О. Салтиков. – Харків. : ХНАМГ, 2009. – 221 с.
6. Соломчак О. В. Електросилові та електроосвітлювальні установки. Лабораторний практикум / О. В. Соломчак, І. І. Сорохтей. – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 128 с.
7. Освітлювальні та опромінювальні установки. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/chastyna-2-.osvitljuvalni-ta-oprominjuvalni-ustanovky.pdf> (дата звернення: 22.05.2023 р.).
8. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
9. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

10. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.

11. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

12. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

15. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

17. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

18. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

19. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

20. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

21. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

22. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

23. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВИХІДНІ ДАНІ

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ФІЛІЇ «ДИРЕКЦІЯ З
БУДІВНИЦТВА ДНІСТРОВСЬКОЇ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ»**

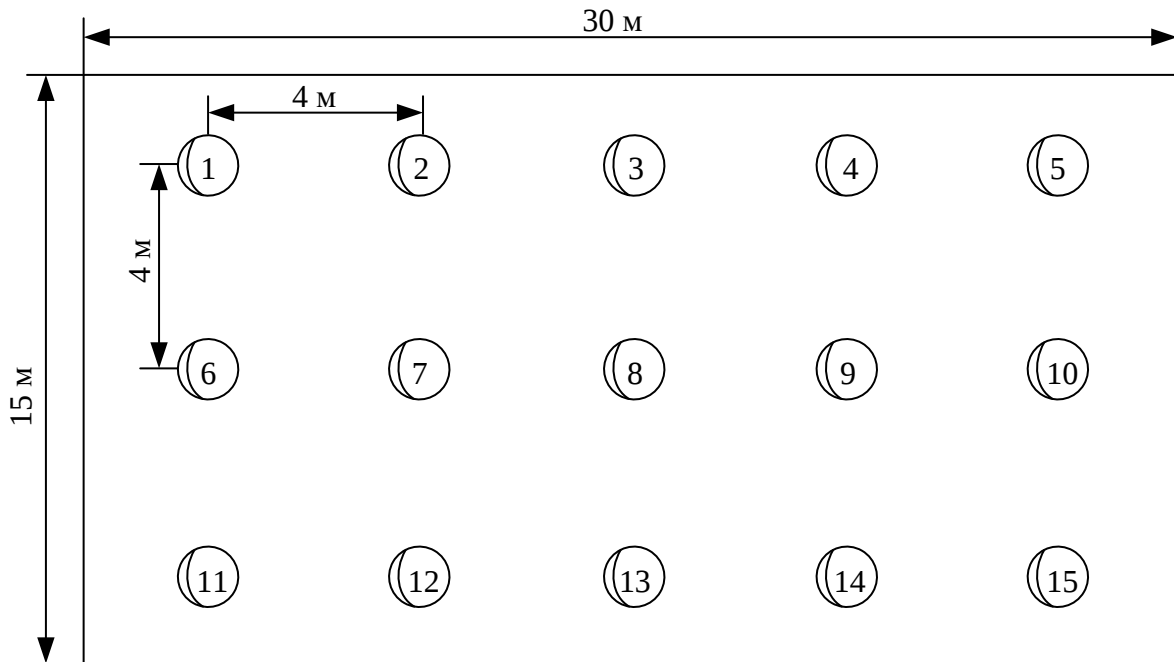


Рисунок А.1 - План розташування світильників в цеху

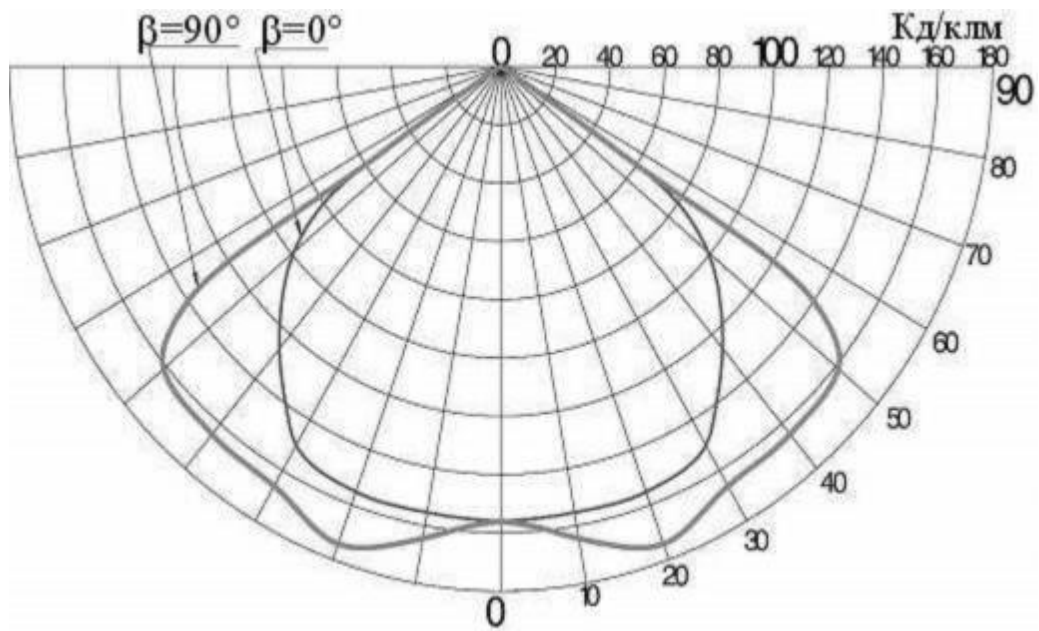


Рисунок А.2 – Крива сили світла для світильника ГСП 53

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання філії “Розробка системи освітлення об'єктів філії “Дирекція з будівництва Дністровської гідроакумулювальної електростанції”

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, Е-23мс
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 19,18 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

<u>Бурбело М. Й., завідувач кафедри ЕСЕМ</u>	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)
<u>Бабенко О. В., доцент кафедри ЕСЕМ</u>	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____	<u>Бабенко О. В.</u>
(підпис)	(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____	<u>Левчук І. Б.</u>
(підпис)	(прізвище, ініціали)

Додаток В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Розробка системи освітлення об'єктів філії «Дирекція з будівництва
Дністровської гідроакумулювальної електростанції»

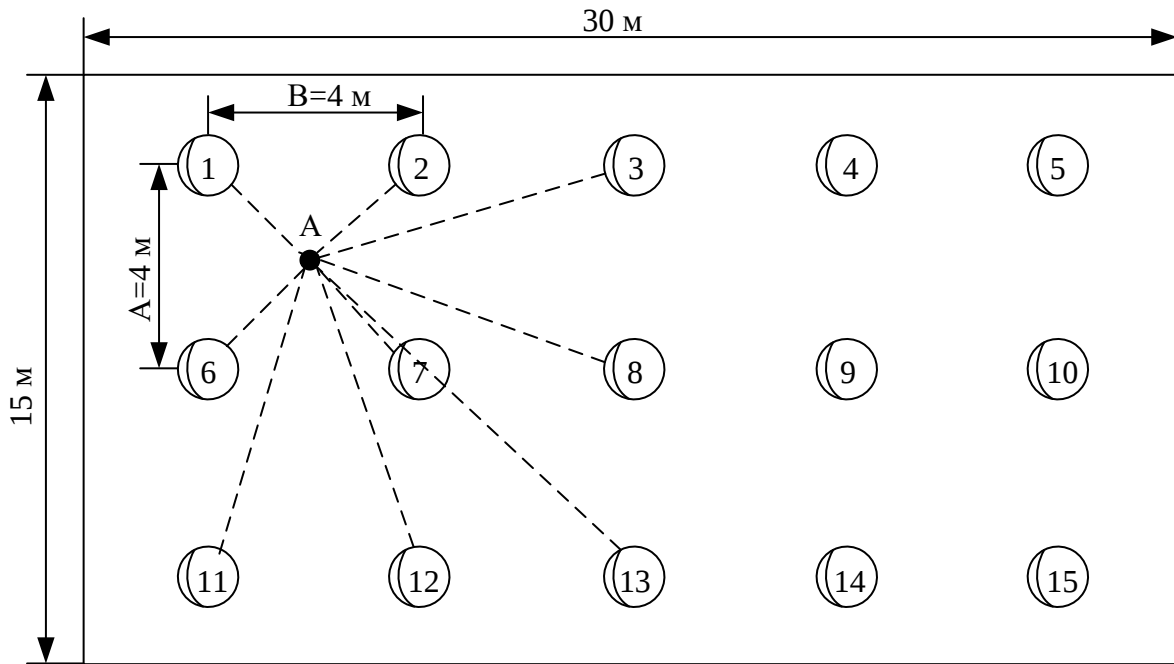


Рисунок В.1 – План приміщення з точкою розрахунку освітленості

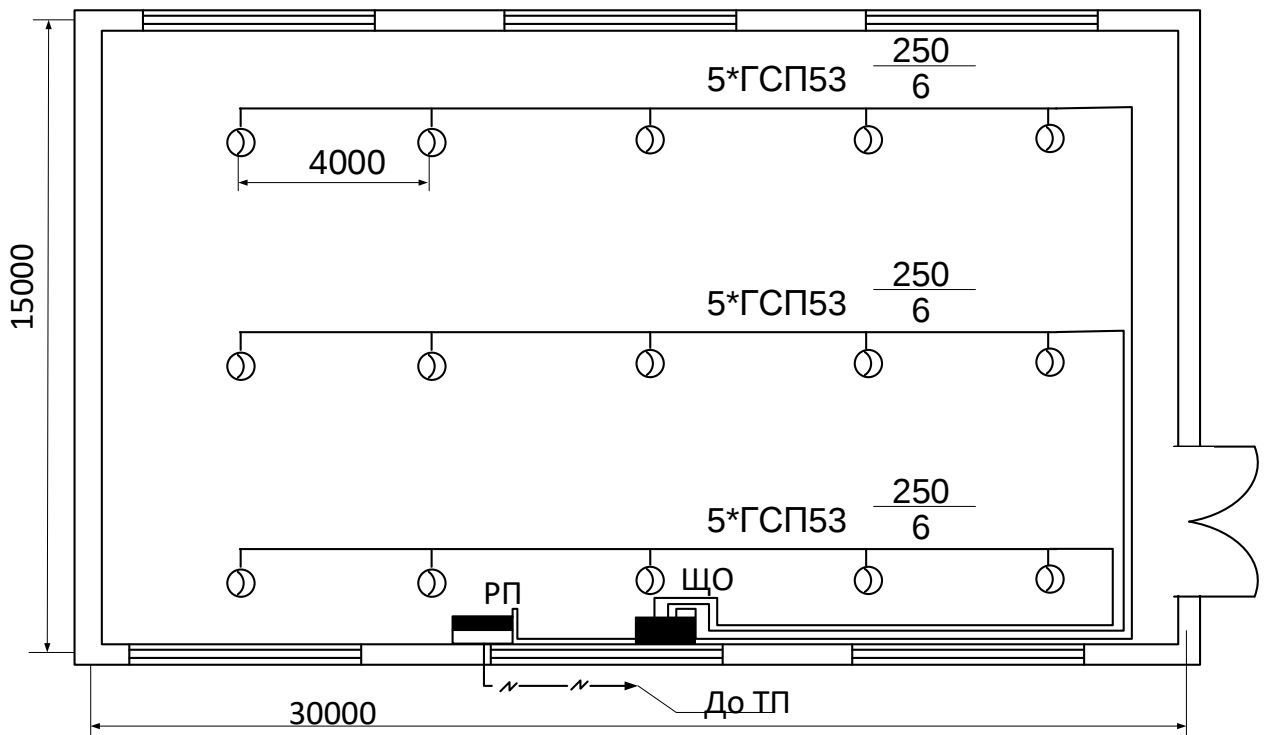


Рисунок В.2 – План освітлювальної мережі цеху

Додаток Г

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Розробка системи освітлення об'єктів філії «Дирекція з будівництва
Дністровської гідроакумулювальної електростанції»

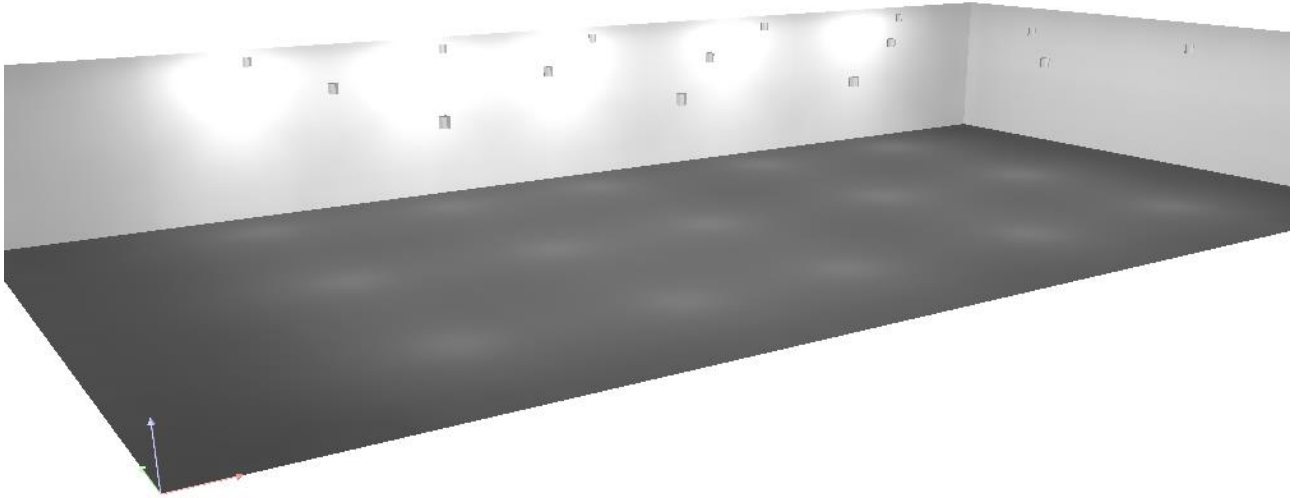


Рисунок Г.1 – Розрахунок вертикальної освітленості в DIALux

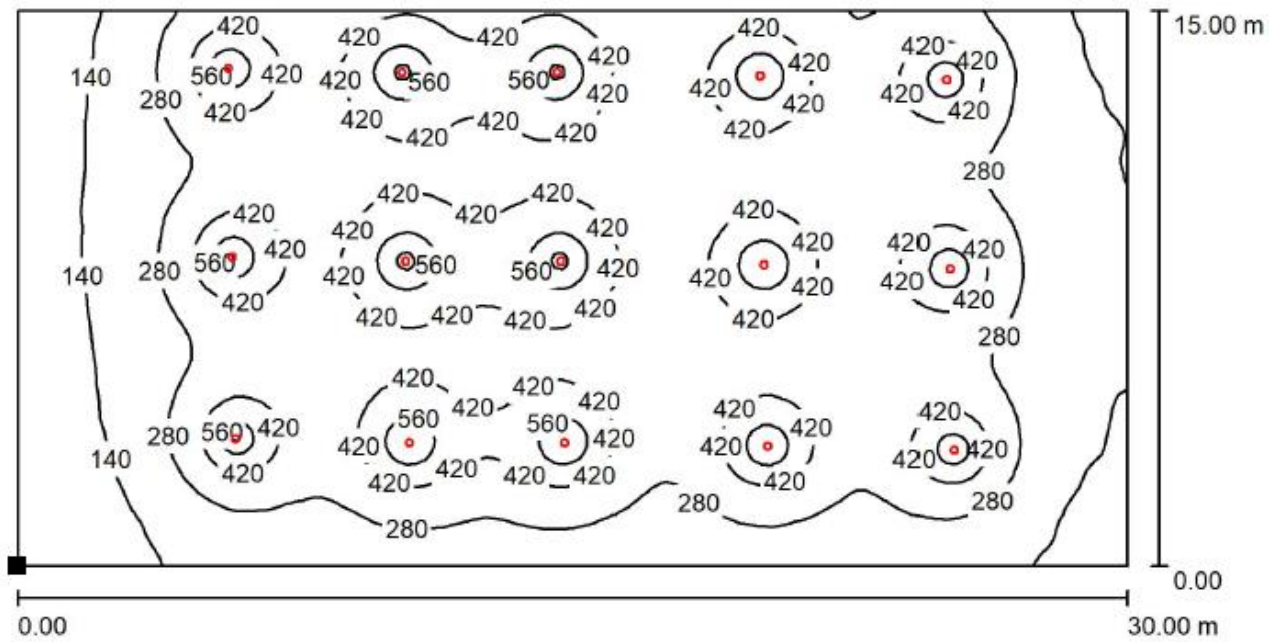


Рисунок Г.2 – Ізолінії освітленості

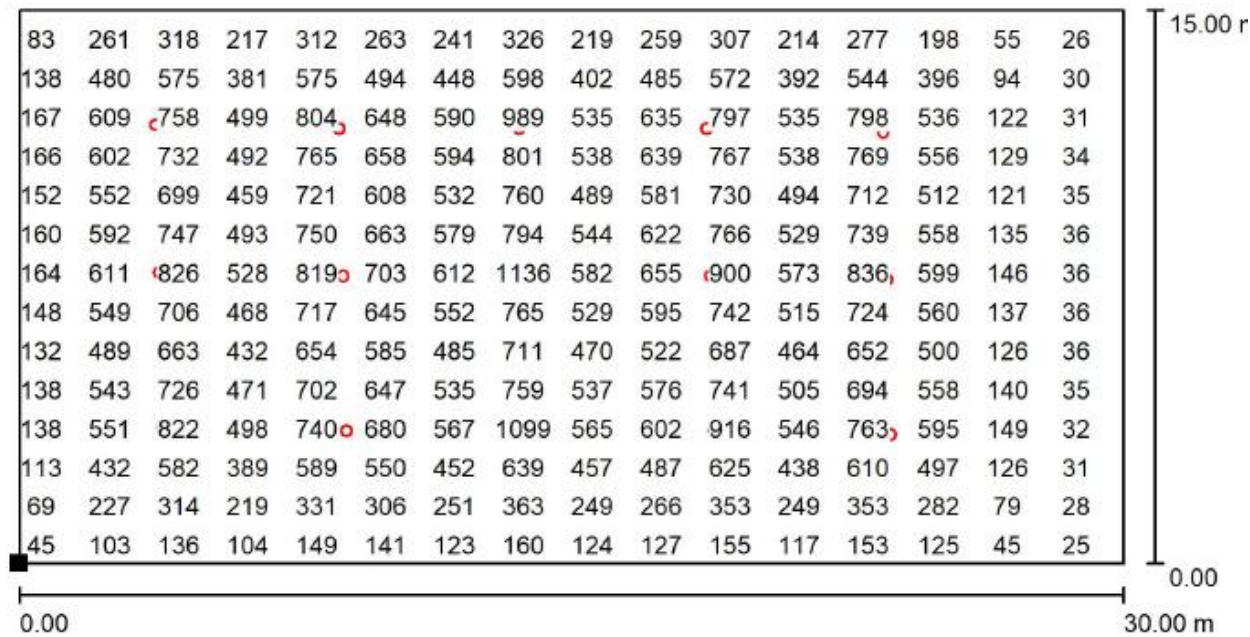


Рисунок Г.3 – Графік значень освітленостей на робочій поверхні

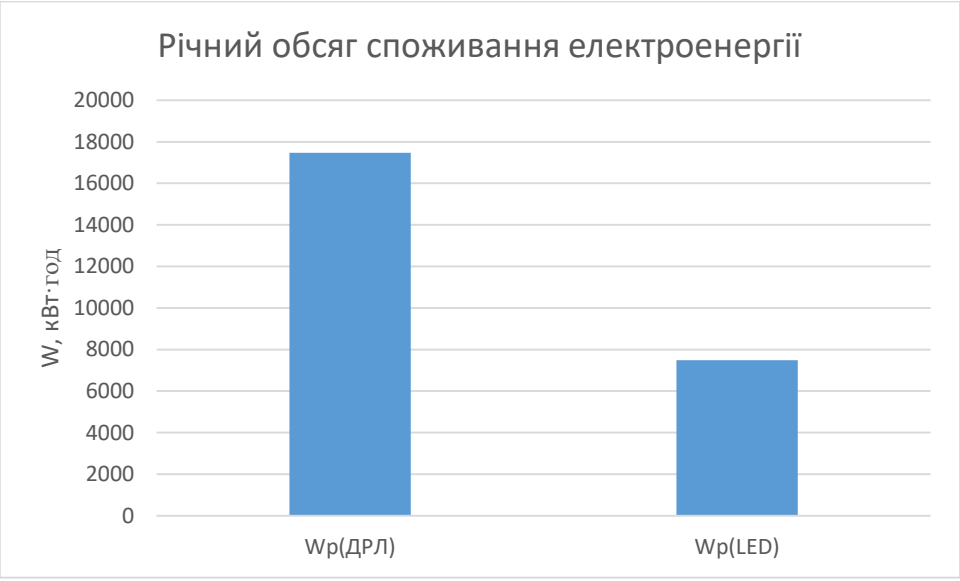


Рисунок Г.4 – Річний обсяг споживання електроенергії двома системами освітлення

Таблиця Г.1 – Результати техніко-економічного аналізу

Параметр	Значення	Опис параметру
$W_p(ДРЛ)$	17472 кВт·год	Річний обсяг споживання електричної енергії системою освітлення з лампами ДРЛ
$W_p(LED)$	7488 кВт·год	Річний обсяг споживання електричної енергії системою освітлення з LED світильниками
ΔW_p	9984 кВт·год	Річний обсяг енергозбереження від заміни ДРЛ на LED
ΔE_p	59904 грн	Річний обсяг заощаджень коштів від заміни ДРЛ на LED
I	129000 грн	Обсяг інвестицій, необхідних для модернізації існуючої системи освітлення
$T_{ок}$	2,15 року	Простий термін окупності заходу щодо заміни світильників ГСП 53 на LED
$W_p(ДРЛ)_{T_{LED}}$	168000 кВт·год	Результуючий обсяг споживання електричної енергії існуючою системою освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників
$W_p(LED)_{T_{LED}}$	72000 кВт·год	Результуючий обсяг споживання електричної енергії LED системою освітлення за період терміну служби світлодіодних світильників
$\Delta E_{рез}$	612000 грн	Результуючий обсяг заощаджень коштів від заміни світильників ГСП 53 на світлодіодні світильники за період терміну служби світлодіодних світильників