

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: РОЗРОБКА СВІТИЛЬНИКА ДЛЯ ВУЛИЧНОГО
ОСВІТЛЕННЯ ІЗ АВТОНОМНИМ ЖИВЛЕННЯМ НА ОСНОВІ
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Виконав студент IV курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Малушенко А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Малушенку Андрію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка світильника для вуличного освітлення із автономним живленням на основі фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії

Керівник роботи к.т.н., доц. Коваль В.П.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «26» січня 2021 року № 4/7-47.

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 14.06.2021

3. Вихідні дані до роботи Світильник повинен бути сконструйований на основі світлодіодних джерел світла. КСС типу Л. Живитися автономно від фотоелектричних (сонячних) батарей

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

1. Світлодіодні світильники із фотоелектричними батареями

2. Вибір та обґрунтування СД, оптичної системи світильника, контролера з драйвером

3. Електрична схема світильника

4. Розрахунок радіатора для вуличного світлодіодного світильника

5. Комп'ютерне моделювання світлового приладу та його елементів

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

1. Види світлодіодних світильників для зовнішнього освітлення

2. Основні конструктивні блоки світильника

3. Оптична система світильника

4. Акумулятор для світильника

5. Денне вироблення електроенергії фотоелектростанцією

6. Схема підключення світлодіодів.

7. Моделі корпусних елементів світильника

8. Трасування променів і КСС

9. Проект освітлення зупинки з використанням розробленого світильника

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Гурик О.Я. к.т.н., доцент кафедри МТ</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Вакуленко О.О., ст. викладач кафедри ЕІ</i>		

7. Дата видачі завдання _____ 17.01.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд за напрямком кваліфікаційної роботи	з 17.01.2022 по 20.02.2022	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	з 21.02.2022 по 21.04.2022	
3	Підготовка розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	з 21.05.2022 по 28.05.2022	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	з 29.05.2022 по 05.06.2022	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	з 06.06.2022 по 10.06.2022	
6	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу кваліфікаційної роботи	з 11.06.2022 по 13.06.2022	
7	Отримання відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу, підготовка доповіді на захист	з 13.06.2022 по 14.06.2022	

Студент _____
(підпис)

Малушенко А.С.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Коваль В.П.
_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2022.

Стор. 60; рис. 41; табл. 6; креслень (презентацій) —; джерел 7.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка світильника для вуличного освітлення із автономним живленням на основі фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії».

Метою роботи є: розробка конструкції світлодіодного приладу з автономним живленням на основі фотоелектричних панелей, моделювання конструкції та світлотехнічних характеристик світильника засобами САПР.

Ця робота присвячена розробці ефективного освітлювального приладу для вуличного освітлення, що забезпечує освітлення об'єктів без необхідності підведення ліній електропередач, що визначає її актуальність.

У роботі визначено параметри основних елементів світлового приладу та розроблено конструкцію світлового приладу на фотоелектричних панелях. А також здійснено розрахунок основних характеристик світлового приладу.

Ключові слова: СВІТЛОДІОДНИЙ ПРИЛАД З АВТОНОМНИМ ЖИВЛЕННЯМ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ, МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Світлодіодні світильники в техніці освітлення.....	8
1.2 Світлодіодні світильники із фотоелектричними батареями.....	11
1.3 Види світлодіодних світильників для зовнішнього освітлення.....	14
1.4 Висновки до розділу	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Вихідні дані.....	17
2.2 Опис використовуваних світлодіодів.....	19
2.3 Вибір та обґрунтування оптичної системи світильника	21
2.4 Опис використовуваного контролера з драйвером.....	24
2.5. Вибір акумуляторної батареї для вуличного автономного світильника	27
2.4 Висновки до розділу	31
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Вибір сонячної панелі.....	32
3.2 Електрична схема світильника	35
3.3 Розрахунок радіатора для вуличного світлодіодного світильника	37
3.4 Комп'ютерне моделювання світлового приладу та його елементів	39
3.4.1 Моделювання світлодіодного світильника в системі «КОМПАС-3D».....	39
3.4.2 Моделювання світлорозподілу світлового приладу.....	42
3.4.3 Моделювання освітлення за допомогою розробленого світлового приладу DIALux	47
3.5 Висновки до розділу	49

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1 Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж.....	51
4.2 Фізичні основи електробезпеки	54
4.3 Захист від статичної електрики	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час великі мережі зовнішнього освітлення - це енергоємні автоматизовані об'єкти, правильна побудова яких значно збільшує ефективність використання та комфорт сучасного життя. Реальну економію електроенергії дає заміна світильників з застарілими лампами (ДРЛ, ДРІ, ДНаТ тощо) на сучасні енергозберігаючі світлодіодні джерела світла та освітлювальні прилади на їх основі.

На сьогоднішній день широкого поширення набули автономні світильники. Вироблення енергії для живлення автономних світильників у переважній більшості випадків проводиться за допомогою:

- сонячних фотоелектричних панелей;
- вітрогенераторів;
- комбінованих установок.

Системи освітлення, що використовують сонячну енергію, реалізують заряд акумулятора від сонячної батареї протягом світлового дня, після чого накопичений заряд використовується для живлення світловипромінюючих елементів у нічний час доби. Дуже важливим напрямком використання автономних освітлювальних пристроїв на сонячних батареях є освітлення вулиць.

Автономні світильники підходять для заміни більшості вуличних світильників, що працюють від мережі. Однак вартість світильників зараз дуже висока. Тому застосування автономних світильників доцільне при освітленні об'єктів, віддалених від джерел енергії.

Ця робота присвячена розробці ефективного освітлювального приладу для вуличного освітлення, що забезпечує освітлення об'єктів без необхідності підведення ліній електропередач, що визначає її актуальність.

Аналіз сучасного стану застосування відновлюваних джерел енергії у висвітленні дозволив сформулювати мету та завдання дослідження.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка конструкції світлодіодного приладу з автономним живленням на основі фотоелектричних панелей, моделювання конструкції та світлотехнічних характеристик світильника засобами САПР.

Відповідно до даної мети ставляться такі **завдання:**

- визначити особливості використання і основні правила конструювання виробів світлотехнічного виробництва;
- визначити параметри основних елементів світлового приладу;
- розробити конструкцію світлового приладу на фотоелектричних панелях;
- розрахувати основні характеристики світлового приладу.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 частин, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 601 арк. формату А4, графічна частина – __аркушів презентації.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Світлодіодні світильники в техніці освітлення

В даний час світлодіоди вважаються найперспективнішим джерелом освітлення, їх характеристики говорять самі за себе. Зараз, застосування світлодіодів для освітлення не тільки вигідно та економно, але й досить продуктивно. Світлодіодні світильники для освітлення внутрішніх приміщень, як загального, так і приватного призначення, класифікуються за типом, потужністю, призначенням та способами установки [1].

Загальне маркування світлових приладів складається з трьох великих літер та групи цифр.

Світлодіоди, що застосовуються у світильниках для освітлення, - потужні напівпровідникові прилади, які за певними параметрами (таких як світловіддача (лм/Вт), світловий потік (лм), індекс кольору, надійність), не тільки не поступаються, але навіть перевершують традиційні джерела світла, які у освітлювальних установках. Вони мають вагомні переваги, порівняно зі звичайними лампами. Це можна побачити для порівняння ЛР, ЛЛ і СД у таблиці 1.1.

Вуличний світлодіодний світильник може повністю замінити такі світильники як ЖКП, РКУ, ПКУ, ЦКУ та інші, при цьому помітно перевершує їх за всіма найважливішими характеристиками. Він практично незамінний у тих місцях, де потрібна надзвичайно висока надійність та важлива економія електроенергії. Також у цього світильника відсутній стробоскопічний ефект, а сила світла не змінюється на всьому діапазоні напруги живлення (120-264 В). Вуличний світлодіодний світильник має найкоротший час виходу на робочий режим менше 1 секунди. Він виконаний на основі потужних світлодіодів та має незалежні джерела живлення. Всі перелічені якості світильника забезпечують високу надійність його використання [1].

Таблиця 1.1 – Порівняння основних характеристик ЛР, ЛЛ, СДЛ

Характеристики	Світлодіодна лампа	Люмінесцентна лампа	Лампа розжарювання
Споживана потужність	5 W	15 W	40 W
Світловіддача	90 lm/W	30 lm/W	10,5 lm/W
Світловий потік	450 lm	450 lm	420 lm
Освітленість (при напрузі 220 В)	650 lx	350 lx	470 lx
Коефіцієнт пульсації	1 - 100%	22 - 30%	18 - 25%
Робоча температура	70 °C	60 °C	180°C
Екологічність	Так	Містить ртуть	Так
Термін служби	До 50 000 годин	До 25 000 годин	До 1000 годин
Необхідність утилізації	Не вимагає особливих заходів утилізації	Вимагає спеціальних заходів утилізації	Не вимагає особливих заходів утилізації
Використання в вологих та запованих приміщеннях	можливо	небажано, скорочується термін служби	можливо
Затримка включення	Ні	Так	Ні
Часте включення та відключення живлення	Не впливає на термін служби	Скорочує термін служби	Скорочує термін служби
Мерехтіння	Ні	можливо	Ні
Нагрів поверхні лампи	30 °C	60 °C	120 °C
Вібростійкість	Так	Ні	Ні
Ступінь міцності консультації	Міцна	Крихка	Вкрай тендітна
Технічне обслуговування	Рідко	Помірно	Часто

Технічні та експлуатаційні характеристики вуличних світлодіодних світильників роблять їх затребуваним товаром на ринку сучасних освітлювальних приладів.

Майбутнє цих світильників має широкий розвиток. Вони можуть включати освітлення виробничих та житлових приміщень, ситуаційне та архітектурне підсвічування, а останнім часом – також і вуличне освітлення. За останні роки сфера застосування світлодіодів суттєво розширилася. Донедавна світлодіодне освітлення асоціювалося в основному з індикацією електронних приладів, на сьогоднішній день воно вже широко застосовується у зовнішньому освітленні і навіть у автомобільній промисловості (у вигляді впровадження світлодіодів у сигнали гальмування та габаритні ліхтарі). Можна припустити, що світлодіоди у найближчому майбутньому повністю витіснять застарілі джерела світла. Стрімкий розвиток світлодіодних технологій, відчутним результатом якого є поява нових потужних та ефективних світло діодів.

Використання потужних світлодіодів як джерела світла незабаром дозволить значно знизити витрати, пов'язані з витратами на електроенергію. Крім того, основними перевагами є відсутність необхідності обслуговування світлодіодних світильників і висока якість світла. Ці характеристики є ключовими у поясненні перспективності їх використання у створенні нових освітлювальних систем та технологій. Перспективними сферами застосування світлодіодів імовірно стануть [2]:

- вуличне освітлення (повне освітлення вулиць за допомогою вуличних стовпчиків, ліхтарних стовпів, підвісних світильників, настінних вуличних світильників, підсвічування фасадів, світильників, що вкопуються і вбудовуються);
- промислове та технічне освітлення;
- інтер'єрне, архітектурне та ландшафтне освітлення (створення декоративного підсвічування);
- ЖКГ (освітлення сходових майданчиків, прольотів, освітлення ліфтів, а також номерних знаків будинків та вказівників назв вулиць).

У зв'язку з усім перерахованим вище, виникає питання про мінуси і недоліки LED: на це питання фахівці з освітлення відповідають одне й те саме, це ціна.

1.2 Світлодіодні світильники із фотоелектричними батареями

Один із найоптимальніших варіантів для зниження витрат на електроенергію – це освітлення на сонячних батареях (рис.1.1, 1.2). Це незалежна система зовнішнього освітлення, здатна самостійно забезпечувати себе електроенергією [2].

Система економно витрачає запас енергії, так як ємність акумулятора має обмеження, світловий потік автономних світильників буде трохи меншим, ніж у стаціонарних ліхтарів.



Рисунок 1.1 – Світлодіодний світильник

Переваги системи:

- Нестрашні перебої на електростанції, коротке замикання, оскільки це незалежне від мережевих ресурсів установка.
- Жодних рахунків за електроенергію, платіж за купівлю пристрою –

єдина витрата.

- Можливість оснащення додатковими пристроями, націлені на економію та тривалість служби електроустановок.
- Переносяться простіше та швидше.
- Можливість утеплювати акумулятор для безперервної роботи в міцні морози.
- Абсолютна безпека. Оскільки електричні з'єднання відсутні на території, ризик ураження струмом виключається



Рисунок 1.2 – Світлодіодний світильник із вбудованою фотоелектричною батареєю

Недоліки:

- Тривалість освітлення залежить від погоди: при дощовій погоді світильники запасують менше енергії.
- Дорога вартість якісного обладнання
- Без додаткового утеплення АКБ, у морози знижується працездатність.

Розглянемо як працює такий світловий прилад. Фотоелектричні батареї протягом усього дня приймають потік сонячного світла і виробляють певну кількість енергії. Акумуляторна батарея отримує вироблену енергію до повного заряду всієї ємності.

Після настання темряви датчик перемикає систему в робочий режим. Відбувається подача енергії на інвертор, яка згодом перетворить її на напругу, після чого вона подається на світильник.

На світанку, як тільки перші промені сонця потрапляють на датчик освітленості, відбувається відключення кола живлення освітлювача і вмикається коло підзарядки акумулятора.

Заряд буде вироблятися навіть в умовах відсутності прямого попадання сонячних променів. Якщо день був похмурих, знизиться швидкість отримання енергії.

Комплектуючі системи освітлення [3]:

1. Фотоелектрична (сонячна) панель. Його функція – вироблення електроенергії.
2. Акумулятор - він накопичує сонячну енергію, яку виробили панелі.
3. Контролер - керує системою та підтримує оптимальний режим заряджання.
4. Датчик освітленості - він реагує на ступінь освітленості, включаючи або вимикаючи обладнання.
5. Світильник, рекомендуємо використовувати 1_їй освітлення.
6. Опора чи кронштейн.

Існують вдосконалені моделі, або розумні системи управління освітленням. Прилади можна доповнювати датчиками руху, або використовувати смарт систему, яка дозволить дистанційно керувати роботою світильників, та виявляти несправності віддалено.

1.3 Види світлодіодних світильників для зовнішнього освітлення

Світлодіоди – це лише частина освітлювального приладу. Залежно від мети та місця використання їм можна надати такі форми [1]:

- Ліхтарі (рис.1.3).
- Настінні світильники (рис.1.4).
- Підвісні світильники (рис.1.5).



Рисунок 1.3 – Ліхтарі

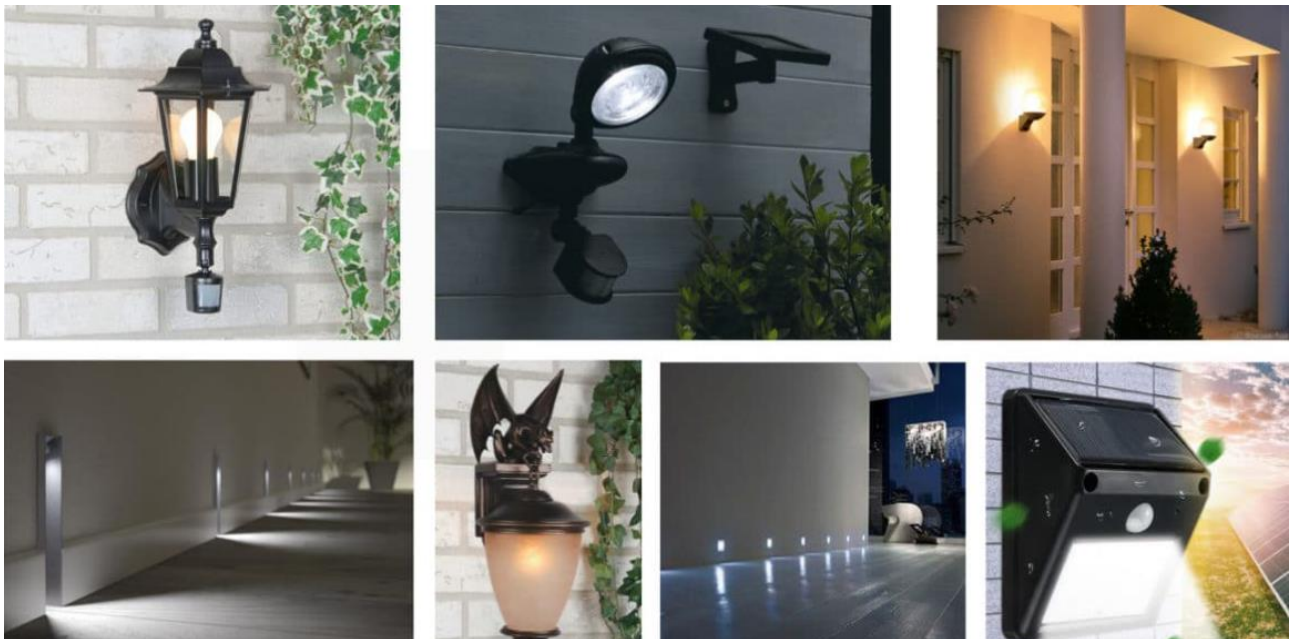


Рисунок 1.4 – Настінні світильники



Рисунок 1.5 – Настінні світильники

Найпоширеніший вид зовнішнього освітлення – ліхтар. Світильник встановлюється на високу щоглу, створюючи при цьому досить великий радіус освітлення. Як правило, ліхтарні стовпи не перевищують за висотою 7 метрів. Причому чим вищий стовп, тим, зрозуміло, потужнішими повинні бути світлодіоди. Найчастіше використовуються світильники потужністю до 50 Вт, яких цілком достатньо для ефективного освітлення площі 1000 м². Якщо площа території більша, встановлюються додаткові ліхтарні стовпи [4].

Другий за популярністю вид зовнішнього освітлення – настінні світильники. Головний плюс такої конструкції – у її універсальності. Розмістити світильник можна на будь-якій поверхні за умови достатньої жорсткості. Настінні LED-прилади також використовуються як ефектний елемент екстер'єрного декору. Дизайн світильників настільки різноманітний, що стилістично можна оформити будь-який простір. Якість освітлення при цьому практично не страждає. Виняток становлять громіздкі конструкції, що перекривають світлові потоки.

Загалом, настінні світильники візуально нагадують бра. Корпус виконується з нержавіючого металу, а плафон – із міцного пластику. Тому встановлювати світильники можна не тільки під навісом, що захищає від метеорологічних впливів, але і на відкритих майданчиках.

Нарешті, ще один цікавий варіант зовнішнього освітлення – підвісні світильники. Технічно вони виконані досить просто — світлодіоди поміщаються всередину герметичного корпусу, який підвішується до міцної горизонтальної балки за допомогою тросів або ланцюгів.

Що стосується експлуатаційних якостей таких світильників, то вони не поступаються настінним. Звичайно, при виборі підвісних світильників важливо не економити, і тоді отримаєте екземпляр, здатний витримати і перепади температури, і підвищену вологість, і пориви вітру.

Отже, світлодіодні світильники - оптимальний варіант для організації ефективного та економічного зовнішнього освітлення. Купуючи якісні світильники, можна на більш ніж 10 років забути про необхідність заміни лампочок.

1.4 Висновки до розділу

1. Встановлено, що застосування світлодіодів для освітлення не тільки вигідно та економічно, але й досить продуктивно.
2. В результаті аналізу встановлено, що перспективними сферами застосування світлодіодів імовірно стануть вуличне освітлення, промислове та технічне освітлення, інтер'єрне, архітектурне та ландшафтне освітлення та ЖКГ.
3. Проведено аналіз переваг та недоліків незалежної системи зовнішнього освітлення, яка здатна самостійно забезпечувати себе електроенергією.
4. Встановлено основні комплектуючі системи енергоекономічного та енергонезалежного освітлення.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані

Для проектування світлового приладу насамперед необхідне технічне завдання. Завданням є розробити освітлювальну установку з урахуванням конструктивних елементів автономного вуличного ліхтаря - прототипу, представленого на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 - Автономний вуличний світильник

Автономний світлодіодний вуличний ліхтар призначений для освітлення вулиць, дворових зон, автомобільних паркувань, пішохідних переходів, автобусних зупинок. [1]

У таблиці 2.1 представлені параметри прототипу.

Таблиця 2.1 - Технічні та світлотехнічні характеристики прототипу

Параметр	Значення
Потужність світильника, Вт	40
Світловий потік, лм	4000
Тип лампи	Світлодіоди CREE XP-L High Intensity LED
Ступінь захисту світильника	IP65
Кліматичне виконання та категорія розміщення	У1
Тип КСС	Напівширока (Л)
Колірна температура, К	6000
Потужність сонячної батареї, Вт	150
Ємність АКБ, А * год	100
Час автономної роботи, год	48
Висота щогли, м	7
Матеріал щогли	сталь, порошкове
Діапазон робочих температур	від - 50 до 90 °С
Термін служби світильника, год	20 років
Термін служби АКБ, год	10 років

Для вуличного освітлення рекомендується застосовувати світильники прямого світла з КСС типу Л. На рис. 2.1 представлено КСС прототипу світлового приладу.

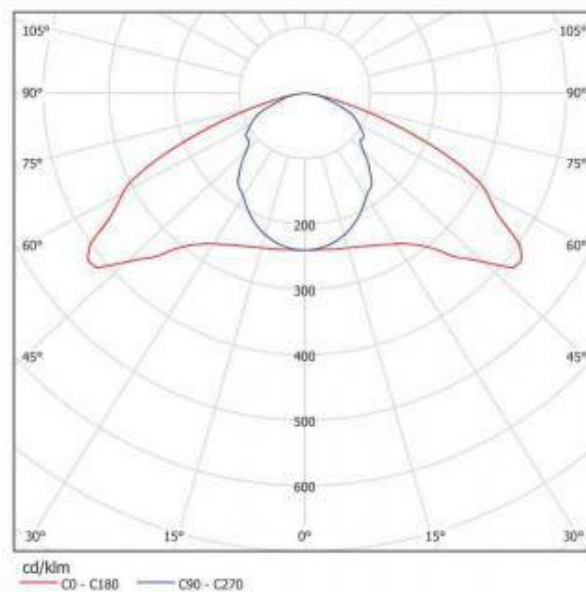


Рисунок 2.1 – Крива сили світла прототипу

2.2 Опис використовуваних світлодіодів

Як джерело світла у вуличному світильнику використовуються світлодіоди CREE XPGWHT-L1-0000-00H53, які забезпечують найкращі характеристики за багатьма параметрами у своїй групі. У світильнику використовується 28 світлодіодів. На рис. 2.2 представлений світлодіод CREE XPGWHT-L1-0000-00H53.



Рисунок 2.2 - Використовувані світлодіоди CREE XPGWHT-L1-0000-00H53

Світлодіоди випускаються в керамічному повністю симетричному корпусі для поверхневого монтажу.

У таблиці 2.2 наведено технічні характеристики даного світлодіода [3].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світлодіода

Характеристики	Значення
Виробник	CREE (США)
Номінальний світловий потік, лм	145
Робоча температура, °С	-40 ÷ +85
Номінальний струм, ма	350
Напруга живлення, при струмі 350 мА	2,9 В
Пряме падіння напруги	1 Вт
Колірна температура, К	6000
Розмір, мм	3,45x3,45x2,0
Кут світіння, °	125
Індекс кольору	Від 80 до 90 Ra
Колір світіння	Білий

На рис. 2.3 представлені розміри світлодіода.

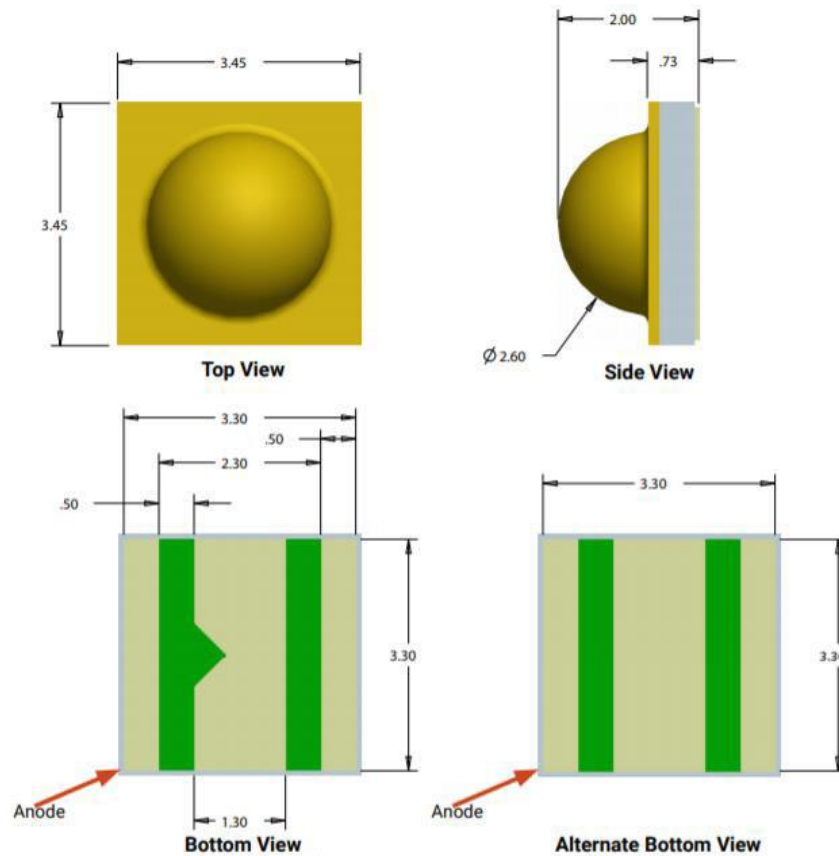


Рисунок 2.3 - Розміри світлодіода CREE XPGWHT-L1-0000-00H53

На рис. 2.4 представлений світлодіод CREE XPLAWT-H0-0000-000BV20E3, зображений в Компас 3D.

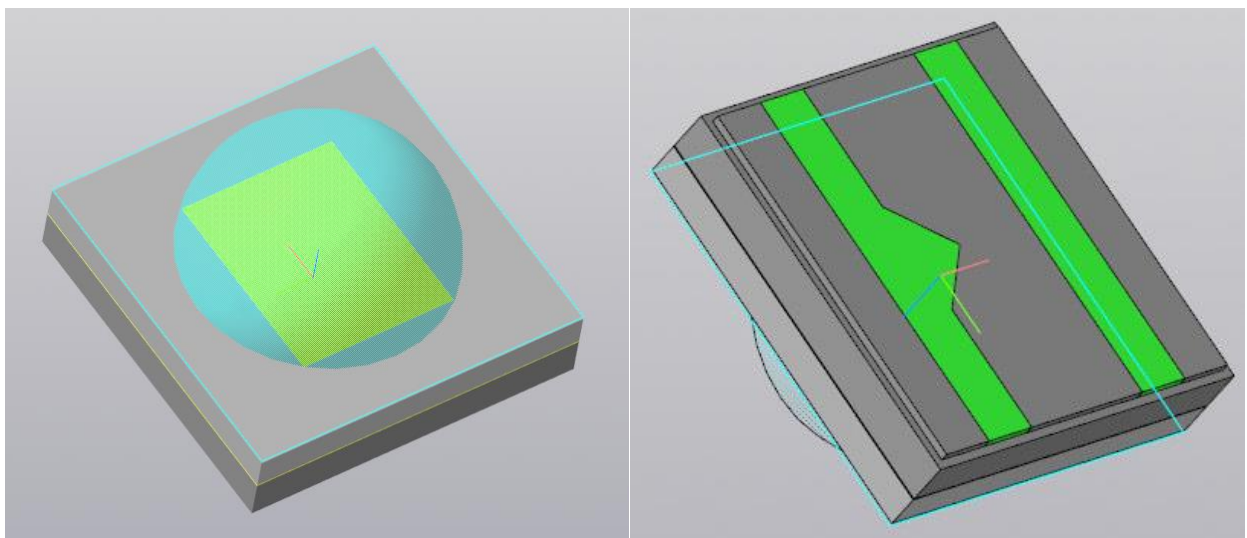


Рисунок 2.4 - Світлодіод CREE XPLAWT-H0-0000-000BV20E3

КСС світлодіода типу Д (косинусна) представлена у прямокутних координатах на рис. 2.5.

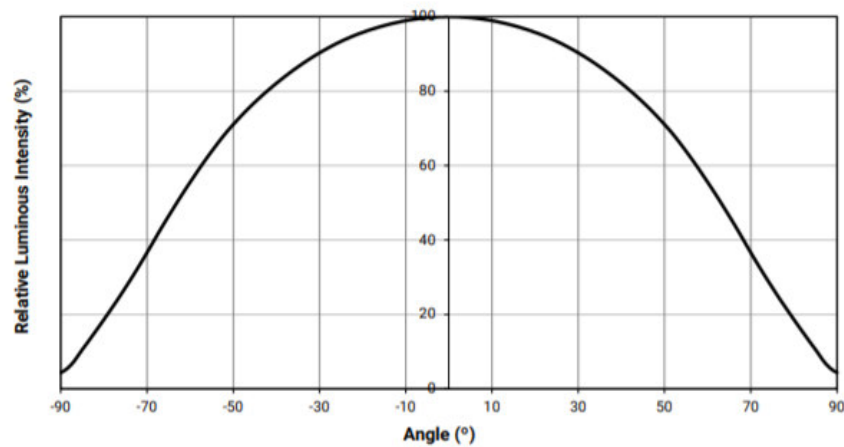


Рисунок 2.5 - КСС СД CREE XPGWHT-L1-0000-00H53 з datasheet

2.3 Вибір та обґрунтування оптичної системи світильника

Основну роль у перерозподілі і перетворенні світлового потоку джерела світла грає оптична система світлового приладу чи світлоперерозподіляючі пристрої.

Вибір оптичної системи залежить від складності виконуваної роботи та її специфіки. Також велике значення мають такі властивості як зовнішній вигляд, ефективність та габарити світлового приладу.

Світловий прилад, що розробляється, призначений для освітлення вулиць, дворових зон, автомобільних паркувань, пішохідних переходів, автобусних зупинок.

Освітлювальний прилад повинен мати напівшироку КСС. Щоб вирішити цю проблему, необхідно використати вторинну оптику, яка виправить діаграму спрямованості випромінювання.

У проєктованому світлодіодному світильнику використовується вторинна оптика марки Ledlink LL01CR-OW70130L, така лінза наведена на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 - Лінза марки Ledlink LL01CR-OW70130L

LEDLINK - це тайванська компанія, заснована в 2008 році, що стрімко захопила ринок. LEDLINK випускає лінзи під практично всі типи світлодіодів, що існують на сьогоднішній день. Всю продукцію компанії відрізняє високий рівень якості за цілком доступною ціною.

Ledlink LL01CR-OW70130L призначені для дрібніших світлодіодів. Лінзи виготовлені із пластику. Однак конструкція забезпечує оптичну ефективність 94%. Встановлення у світильнику за допомогою клею або механічного утримувача захистить світлодіоди від води або попадання пилу. [3]

Креслення лінзи представлено на рис. 2.7.

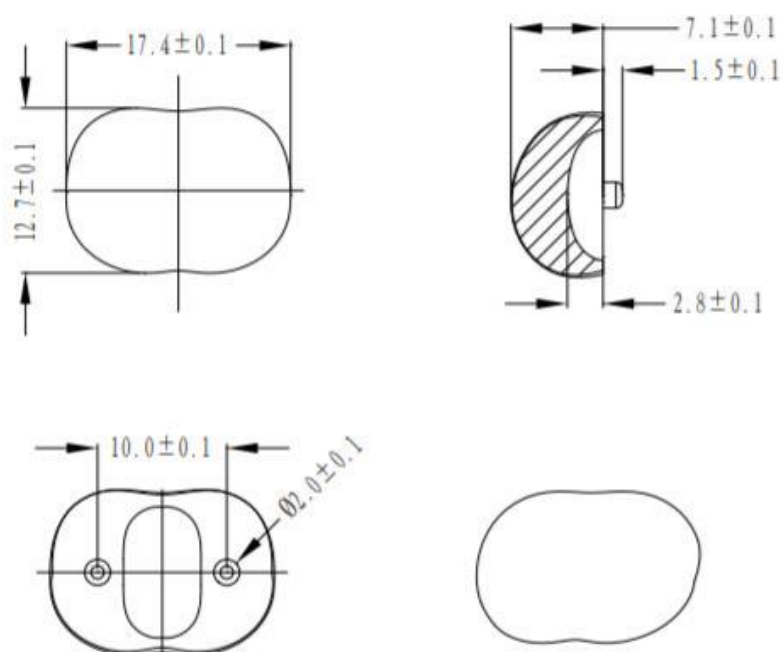


Рисунок 2.7 - Креслення лінзи Ledlink LL01CR-OW70130L

Крива сили світла лінзи представлена на рис. 2.8.

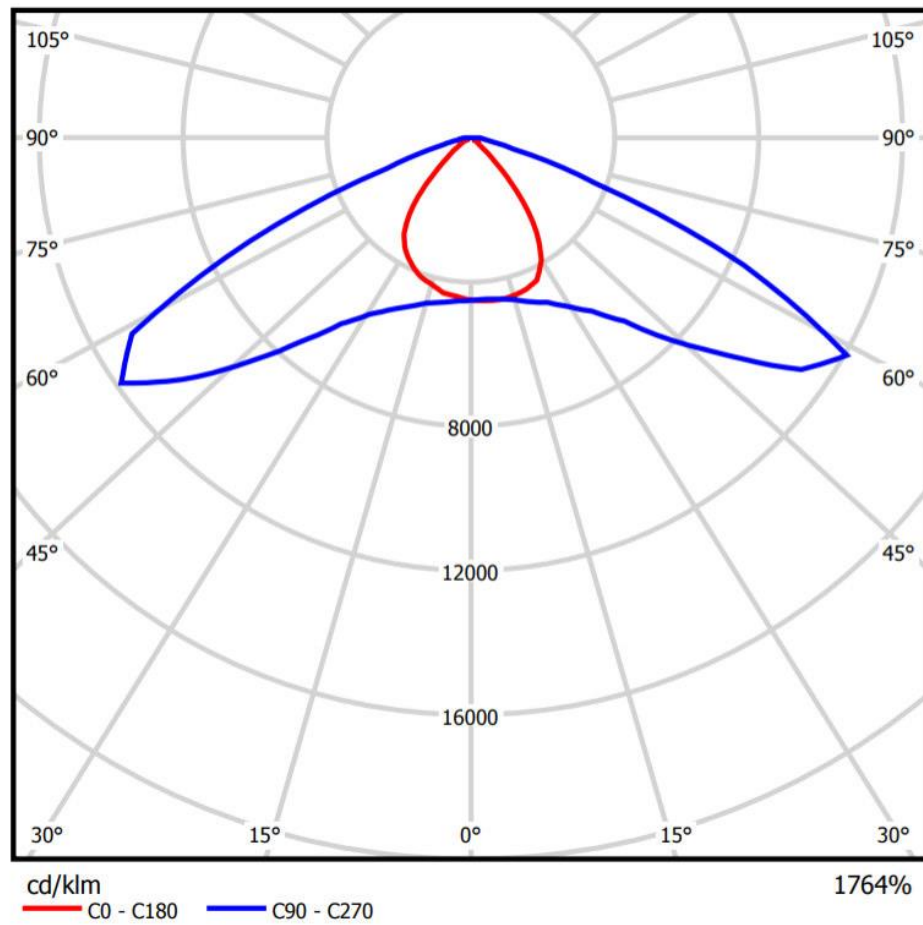


Рисунок 2.8 - КСС лінзи Ledlink LL01CR-OW70130L з datasheet

На рис. 2.9 представлена фізична модель лінзи Компас 3D.

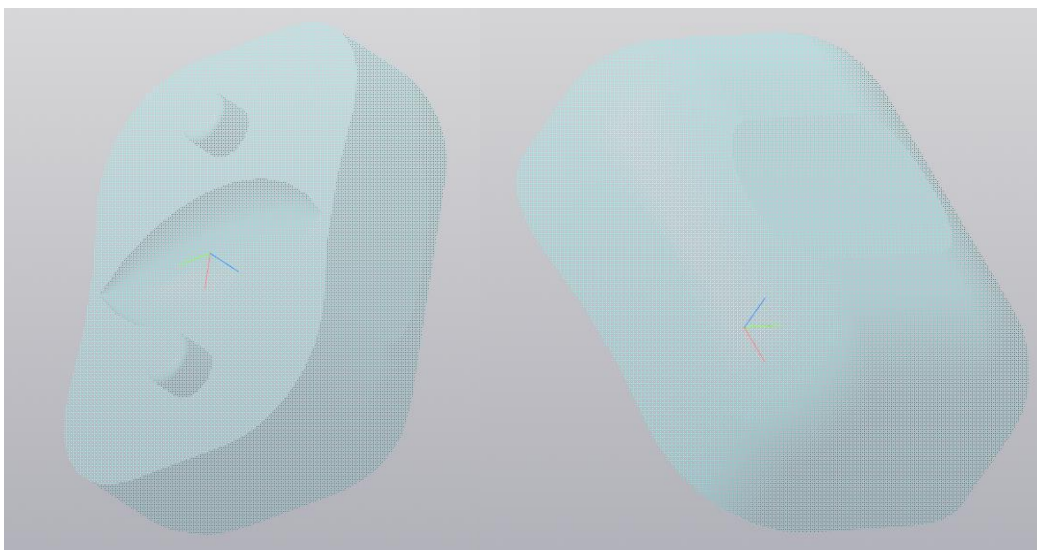


Рисунок 2.9 - Лінза Ledlink LL01CR-OW70130L в Компас 3D

2.4 Опис використовуваного контролера з драйвером

Герметичний контролер сонячних батарей з понижувальним драйвером призначений для підключення вуличних світлодіодних ліхтарів потужністю до 100 Ватт до системи автономного живлення на сонячних панелях.

Встановлений в контролері програмований таймер дозволяє автоматично включати освітлення вночі на певний час (від 1 до 16 годин, від заходу сонця до світанку), а також встановлювати до 3-х тимчасових інтервалів з різною потужністю світильника (наприклад, перші 2 години робота на потужності 100% , другі 2:00 на потужності 60%, а потім ще 3,5 години на потужності 30% від номінальної). [4]

У проектованому світлодіодному світильнику використовується контролер виробника Epever LS2024100GPLI (рис. 2.10).

Конструктивно корпус виконаний із алюмінію. Під час роботи передбачається охолодження за рахунок природної конвекції. Допускаються зовнішні впливи із навколишнім середовищем за класом IP68.



Рисунок 2.10 – Контролер типу Epever LS2024100GPLI

Ця модель контролера заряду підтримує роботу із сонячними батареями

потужністю до 300 Вт при напрузі 12 В або до 600 Вт при напрузі 24 В.

Програмування контролера, включаючи вибір типу АКБ, здійснюється за допомогою комп'ютера через програматор SPP-02 або мобільного телефону з ОС Android, що має інфрачервоний порт (або за допомогою USB адаптера інфрачервоного порту IR-Android-Micro).

У таблиці 2.3 наведено параметри контролера заряду Epever LS2024100GPLI.

Таблиця 2.3 – Параметри контролера заряду Epever LS2024100GPLI

Характеристики	Значення
Алгоритм заряду	PWM (4 стадії), програмується
Максимальний струм сонячних батарей,	20
Вимикач навантаження	є (таймер)
Напруга системи, В	12/24 (автоматично)
Виносний температурний датчик	є (на дроті завдовжки 5 см)
Вибір типу акумулятора	є (AGM/GEL/Flooded), вибір через SPP-02 або ОС Android
Власне споживання, мА	16 (20)
Напруга відключення навантаження,	11,1 (22,2), програмується
Напруга підключення навантаження,	12,6 (25,2), програмується
Цифровий дисплей	ні
Виносний цифровий дисплей	ні
Максимальний переріз підключених проводів, мм ²	будь-яке (з контролера виходять дроти перетином 4 мм ² для підключення через клемник)
Робочий температурний діапазон, °С	-35...+55
Вологість (без конденсату)	10...95% (IP68)
Габаритні розміри, мм	109 x 88 x 26
вага, кг	0.39

Програмований драйвер дозволяє налаштувати робочий струм світлодіодів. Високоефективна технологія точного контролю вихідного струму дозволяє забезпечити однаковий потік світлодіодного світильника незалежно від напруги на акумуляторі. Підтримка постійного струму також збільшує термін служби світлодіодних ламп.

У таблиці 2.4 наведено технічні характеристики вбудованого контролер драйвера.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики вбудованого драйвера в контролера Eoever LS2024100GPLI

Характеристики	Значення
Номінальна напруга світильника,	12 / 24
Номінальна вихідна потужність	50 Вт при 12 В, 100 Вт при 24 В
Діапазон напруги по входу АКБ, В	8...32
Діапазон напруг по виходу світильника,	9 ... $U_{акб} - 0,5$ В (9 ... $U_{акб} - 1$ при 24 В)
Максимальний вихідний струм, А	5,0
Діапазон регулювання вихідного струму,	0,3...5,0
Максимальна ефективність драйвера	96%
Коефіцієнт потужності	0,95

За допомогою цього драйвера можна підключати світлодіодні світильники на 12 Вольт до акумулятора на 12 Вольт, а також світильники на 12 та 24 Вольти до акумулятора на 24 Вольти (перетворення напруги відбувається автоматично).

Вихідний струм за замовчуванням налаштований на 0,35 А. При підключенні навантаження необхідно налаштувати вихідний струм, інакше світильник або світлодіодна стрічка може вийти з ладу.

Напруга системи (12 або 24 Вольт) вибирається контролером автоматично на основі вимірювання напруги підключених акумуляторів.

2.5. Вибір акумуляторної батареї для вуличного автономного світильника

Акумуляторів зараз дуже багато на будь-який смак та колір, але не всі акумулятори підходять для сонячних батарей. Найвідоміші це автомобільні стартерні акумулятори. Але про автомобільні АКБ можна помітити, що вони "одноразові", і лише у кращому випадку можуть прослужити до 3-х років, а так зазвичай їх і на рік не вистачає, особливо коли повна автономна електростанція де АКБ працюють у циклічному режимі та часто глибоко розряджаються. Ці акумулятори безперечно найдешевші, але найбільш не підходять для сонячних батарей, і проводити заміну АКБ щороку не дуже тішить.

У разі вибору будь-якого товару покупець керується певними критеріями вибору. Існують вони і до акумуляторів для сонячних батарей. Це наступні критерії: ціна, умови, необхідні для експлуатації акумулятора (температура, вентиляція, умови обслуговування, враховується також відсутність або наявність спеціального приміщення), термін служби акумулятора.

Для цього проекту було порівняно два види акумуляторів фірми SunStonePower: свинцево-кислотний (AGM) та гелевий (GEL). Проведемо порівняння цих АКБ, щоб вибрати найбільш підходящий. На рис. 2.11 представлений зовнішній вигляд свинцево-кислотного АКБ.

Свинцево-кислотний АКБ SunStonePower ML AGM виготовлено за технологією з абсорбованим електролітом (AGM). Також у батареях серії ML застосована більш досконала конструкція ґрат з особливо чистого сплаву свинцю, що збільшує термін служби та покращує розрядні характеристики.

Насамперед слід розібратися, що означає абревіатура «AGM». Її розшифровка звучить як Absorbent Glass Mat, у перекладі з англійської це словосполучення означає поглинаюче скловолокно. Фактично, це звичайна склотканина, розташована між позитивними та негативними свинцевими пластинами. У цій склотканині в "зв'язаному" стані знаходиться електроліт. Завдяки тому, що електроліт перебуває у зв'язаному стані, можлива

експлуатація батарей у будь-якому положенні (наприклад, на боці).



Рисунок 2.11 – Свинцево-кислотний тяговий акумулятор SunStonePower ML 100Агод 12В AGM

Застосовувати AGM акумулятори доцільно у системах резервного живлення. На рис. 2.12 представлено зовнішній вигляд гелевого АКБ.

Гелевий акумулятор SunStonePower серії MLG зарекомендував себе як надійний акумулятор для систем резервного електропостачання та для роботи в системах електроживлення на сонячних батареях.



Рисунок 2.12 - Акумулятор SunStonePower MLG 100Агод 12В

Порівняльні характеристики свинцево-кислотного та гелевого АКБ наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Порівняльні характеристики свинцево-кислотного та гелевого АКБ

Загальні параметри:		
1	2	3
Модель	SunStone Power ML 100AH 12V AGM	SunStone Power MLG 100Ah 12V Gel
Напруга	12 В	12 В
Ємність	100 А·год	100 А·год
Фактична ємність при 10-ти годинному циклі розряду	101,39 А·год	105,39 А·год
Товщина плюсових пластин	2,9 мм	2,9 мм
Товщина мінусових пластин	2,1 мм	2,1 мм
Тип клем	M8	M8
Термін служби:		
У буферному режимі	10 років	12 років
У циклічному режимі за 30% глибини розряду	1200 циклів розряду/заряду	2000 циклів розряду/заряду
У циклічному режимі при 50% глибині розряду	500 циклів розряду/заряду	1100 циклів розряду/заряду
У циклічному режимі при 100% глибині розряду	250 циклів розряду/заряду	450 циклів розряду/заряду
Температурні режими:		
Зберігання	від -15°C до +40°C	від -15°C до +40°C
Заряд	від 0°C до +40°C	від 0°C до +40°C
Розряд	від -15°C до +40°C	від -15°C до +40°C
Ємність при температурі + 25 °C	100 А·год	100 А·год
Ємність при температурі + 10 °C	95 А·год	95 А·год
Ємність при температурі 0 °C	90 А·год	90 А·год
Ємність при температурі - 10 °C	80 А·год	80 А·год
Ємність при температурі - 20 °C	70 А·год	70 А·год

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
Параметри заряду, розряду:		
Заряд постійною напругою (25°C)		
Циклічний режим	14.4-14.8 В	14.4-14.8 В
Буферний режим	13.5-13.8	13.5-13.8
Максимальна напруга заряду	14.8 В	14.8 В
Мінімальна напруга заряду	10.6 В	10.6 В
Максимальний струм заряду	30 А	30 А
Максимальний струм розряду	1000 А	1000 А
Внутрішній опір	5,8 мОм	5,5 мОм
Габарити, вага та ціна:		
Довжина	329 мм	329 мм
Ширина	172 мм	172 мм
Висота	214 мм	214 мм
Вага	31кг	31,8 кг

Також можна порівняти дві важливі залежності, що впливають на термін служби акумулятора. Це залежність ємності батареї від температури навколишнього середовища, яка представлена на рис. 2.13, для обох АКБ графік буде повністю ідентичний.

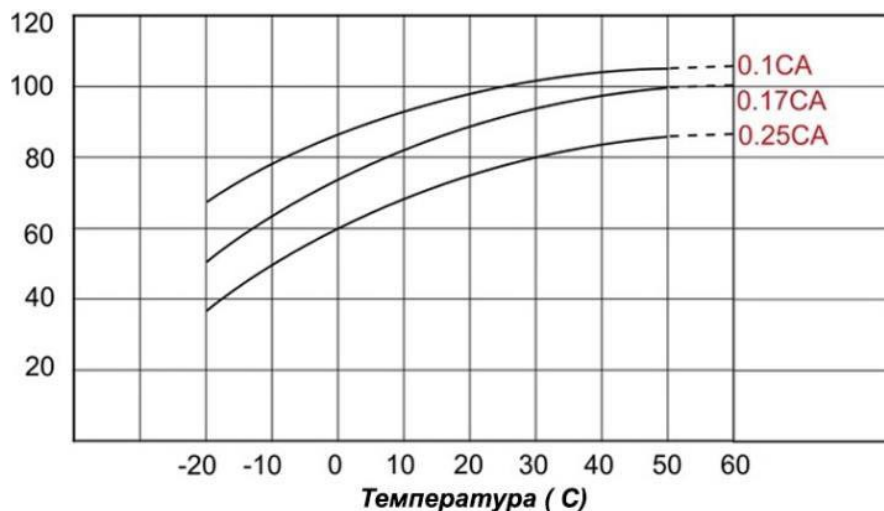


Рисунок 2.13 – Графік залежності ємності батареї від температури довкілля

На рис. 2.14 зображено графіки залежності циклів розряду від глибини розряду.



Рисунок 2.14 - Графік залежності циклів розряду від глибини розряду свинцево-кислотного АКБ

Дивлячись на графіки можна зробити висновок, що термін служби акумулятора безпосередньо залежить від температури експлуатації та глибини розряду - чим менша глибина розряду, тим більший термін служби акумуляторної батареї.

Проаналізувавши перераховані вище АКБ, я вирішив вибрати гелевий акумулятор, так як він довше може перебувати в розрядженому стані, не втрачаючи своєї ємності. Це добре тим, що в зимовий час АКБ отримуватиме недостатньо заряду, і при цьому повинен жити світильник довгий час.

2.6 Висновки до розділу

1. Наведено характеристики та опис світлодіодів, оптичної системи, контролера заряду акумулятора з драйвером.
2. Проведено аналіз декількох акумуляторних батарей і здійснено вибір акумуляторної батареї для вуличного автономного світильника.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір сонячної панелі

З'ясувати необхідну потужність сонячної панелі можна, проаналізувавши кількість енергії споживану світильником.

Для вибору сонячної панелі, нам потрібно переглянути денне вироблення енергії залежно від кута нахилу. На рис. 3.1 представлено сумарне вироблення енергії протягом року залежно від кута нахилу сонячної батареї для м.Тернопіль.



Рисунок 3.1 - Діаграма сумарного вироблення енергії протягом року в залежності від кута нахилу

Далі проаналізуємо вироблення енергії за кожен місяць у м. Тернопіль при оптимальному куті нахилу за діаграмою представленою на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 - Денне вироблення електроенергії електростанцією 8 кВт

Далі за формулою 3.1 розрахуємо, скільки потрібно енергії, якщо світловий прилад повинен пропрацювати 6-9 годин на добу, залежно від сезону.

$$W = P \cdot n \cdot 9 \text{ (Вт*год)} \quad (3.1)$$

де W - необхідна енергія, Вт*год;
 P – потужність світлодіода, Вт;
 n – кількість світлодіодів.

Таким чином, маємо 28 світлодіодів потужністю 1 Вт, і вони світять близько 9 годин.

$$W = 1 \cdot 28 \cdot 9 = 252 \text{ Вт * год.}$$

Отже, навіть восени та взимку, коли світловий день коротший, сонячна панель справлятиметься зі своїми обов'язками.

Для цього світлового приладу була обрана сонячна батарея 200M TopRay Solar серії TPS105S, виготовлена з вискоефективних монокристалічних сонячних елементів першої категорії якості Grade A (це сонячна панель, що пройшла строгий інструментальний та зовнішній контроль у виробника), що гарантує підвищену продуктивність та надійність.

Сонячний модуль виготовляється з 72 монокристалічних сонячних

елементів розміром 125×125 мм. Виробник гарантує, що термін служби сонячного модуля становить 10 років. А також запевняє збереження заявленої потужності більш ніж 90% від номінальної потужності – протягом 10 років, збереження заявленої потужності більш ніж 80% від мінімальної номінальної потужності – протягом 25 років. Зовнішній вигляд панелі представлений на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Сонячна батарея TopRay Solar серії TPS105S

У таблиці 2.6 наведено характеристики сонячної панелі TopRay Solar TPS105S.

Таблиця 2.6 – Характеристики сонячної панелі TopRay Solar TPS105S

Характеристики	Значення
1	2
Потужність, Вт	150
Напруга холостого ходу,	22,4
Напруга при роботі на навантаженні,	18,1

Продовження таблиці 2.6

1	2
Номінальна напруга,	12
Струм короткого замикання, А	8,66
Струм при роботі на навантаження, А	8,19
Температура експлуатації та зберігання, °С	-40 ... +85 °С
Конектори	МС4
Клас захисту	IP65
Сонячні елементи	Grade A, монокристал
Кількість елементів, шт	72
Вага, кг	13,0
Габарити, мм	1581 x 809 x 35

3.2 Електрична схема світильника

При підключенні світлодіодів пам'ятаймо, що головний параметр — це струм, а не напруга, тобто світлодіоди треба жити стабілізованим струмом, величина якого вказується виробником на певний тип світло діодів [5].

Струм на світлодіоди можна обмежити за допомогою резисторів, а можна підключити до драйвера (стабілізатора струму). Підключення світлодіодів через драйвер є найкращим, оскільки драйвер забезпечує стабільний струм на світлодіоді незалежно від зміни напруги на його вході. [4]

Види підключення:

- послідовне - мінус світлодіода з'єднується з плюсом наступного і т.д. При послідовному підключенні світлодіодів падіння напруги на світлодіоді, вказане виробником, множиться на кількість світлодіодів у ланцюжку. Наприклад, у нас 4 світлодіоди з номінальним струмом 350 мА, і падінням напруги 2,9 вольт, $2,9 \times 4 = 11,6$ вольт, тобто нам буде потрібен драйвер зі стабілізованим струмом 350 мА та вихідною напругою 12-15 вольт;

- паралельне – плюс з'єднується з плюсом, мінус із мінусом. При паралельному з'єднанні сумується струм, падіння напруги залишається незмінним, тобто якщо у нас 7 світлодіодів з характеристиками: 350 мА і 2,9 В,

то $7 \cdot 0,35 = 2,45$ А. Тобто потрібне джерело струму з напругою 35 В та струмом 2,45 А.

- послідовно-паралельне - за такого підключення кілька послідовних ланцюжків з'єднуються паралельно. Слід враховувати, що кількість світлодіодів у послідовних ланцюжках має бути рівною. Джерело струму підбирається виходячи з падіння напруги на одному ланцюжку і добутку струму на число ланцюжків. Отже, 4 послідовні ланцюжки підключаємо паралельно, напруга залишається 11,6, а струм $0,35 \times 7 = 2,45$ А, значить, нам потрібен драйвер з параметрами 12-15 вольт і струмом 2450 mA.

На рис. 3.4 представлено схему підключення світлодіодів у програмі Sprint-Layout.

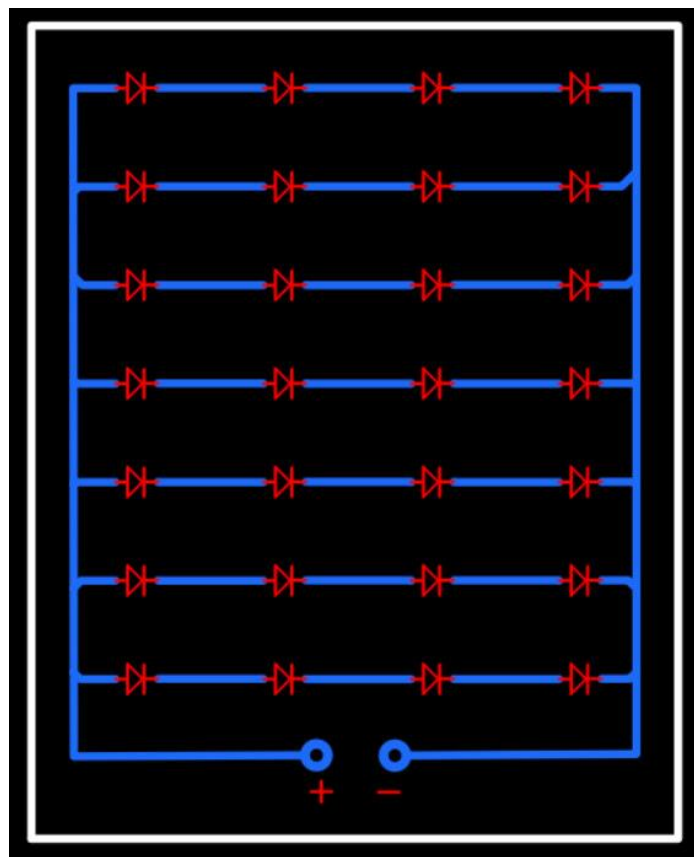


Рисунок 3.4 - Схема підключення світлодіодів у програмі Sprint-Layout

Основною перевагою цієї програми є простий і зрозумілий інтерфейс, що включає лише необхідні інструменти для підготовки друкованих плат різних розмірів. Sprint-Layout дозволяє працювати з двома шарами (провідники та

маркування) для кожної сторони плати.

Додаткові можливості – шар паяльної маски, металізація, SMD-маска. Вбудований трасувальник тільки допомагає розводити провідники і не є автоматичним. У бібліотеці, що поповнюється, містяться найбільш поширені електронні компоненти. У Sprint-Layout реалізована можливість експортувати результати роботи в популярні формати Excellon та Gerber, а також створити файл HPGL для обробки друкованої плати на програмно-керованому фрезерному верстаті.

3.3 Розрахунок радіатора для вуличного світлодіодного світильника

Під час роботи напівпровідникового приладу в його кристалі виділяється потужність, що призводить до нагрівання приладу, при цьому його структура буде незворотно руйнуватись. Отже, надійність роботи напівпровідникових приладів багато в чому визначається ефективністю їхнього охолодження.

Радіатор – це найважливіший елемент у системі охолодження світлодіода. Він відводить тепло від друкованої плати або безпосередньо від світлодіода і розсіює тепло в повітрі. У таблиці 2.5 вказано теплопровідність деяких матеріалів радіаторів.

Таблиця 2.5 – Теплопровідність деяких матеріалів

Матеріал	Теплопровідність, Вт/(м·К)
Повітря	0,024
Алюміній	120-240
Кераміка	15-40; 100-200
Мідь	401
Провідні полімери	3-20
Нержавіюча сталь	16
Термопаста/епоксидні смоли	0,1-10
Вода	0,58

Вибираємо матеріал для радіатора: алюміній. Він має гарні властивості теплопровідності та прийнятну ціну. Радіатор має ребристу форму. Тип охолодження пасивний, за допомогою конвекції. За рахунок ребер, велика площа радіатора контактує з навколишнім середовищем, внаслідок цього інтенсивніше відбувається теплообмін.

При розрахунку зазвичай виходять із температури навколишнього середовища 30°C і допустимому перегріву на 70°C , тобто нагріванні тепловиділяючого елемента до 100°C .

Тепловий опір радіатора знаходиться за формулою (3.2).

$$Q = \frac{50}{\sqrt{S}} (^{\circ}\text{C} / \text{Вт}) \quad (3.2),$$

де S – площа поверхні тепловідведення, см^2 .

Звідси площу поверхні для теплового опору, що шукається, можна знайти за формулою (3.3).

$$S = \left(\frac{50}{Q} \right)^2 (\text{см}^2) \quad (3.3).$$

Нам необхідно розсіяти потужність 28 Вт , при перегріві 70°C , необхідний тепловий опір дорівнює $Q = 70/28 = 2,5^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$. Тоді за формулою (3.3) визначаємо площу радіатора:

$$S = (50/2,5)^2 = 400 \text{ см}^2.$$

Також площу можна знайти за графіком теплового опору для алюмінієвого радіатора, представленого на рис. 3.5.

Аналізуючи графік слід розсіяти потужність 28 Вт , при перегріві 70°C , площа алюмінієвого радіатора повинна становити не менше 300 см^2 .

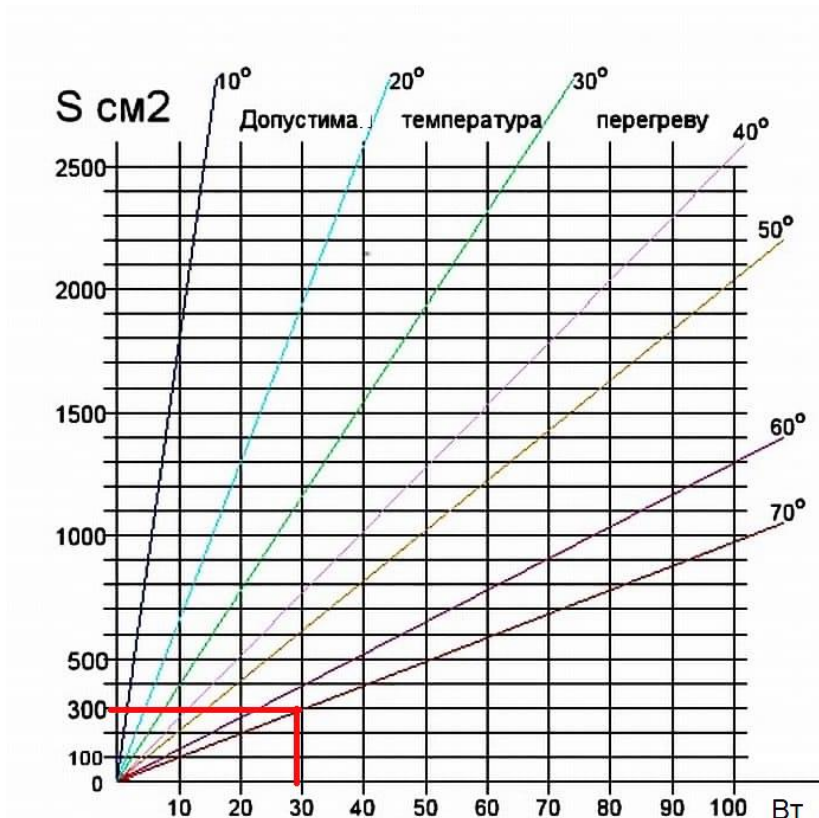


Рисунок 3.5 - Графік теплового опору для алюмінієвого радіатора

3.4 Комп'ютерне моделювання світлового приладу та його елементів

3.4.1 Моделювання світлодіодного світильника в системі «КОМПАС-3D»

Система КОМПАС-3D призначена для створення тривимірних асоціативних моделей окремих деталей (у тому числі, деталей, що формуються з листового матеріалу шляхом його згинання) і складальних одиниць, що містять як оригінальні, так і стандартизовані конструктивні елементи.

Розроблена 3D модель світлодіодного світильника та його елементів представлена на рисунках 3.6-15.

Кришки виготовляються із пластику. Кріпляться до корпусу за допомогою гвинтів (рис. 3.6).

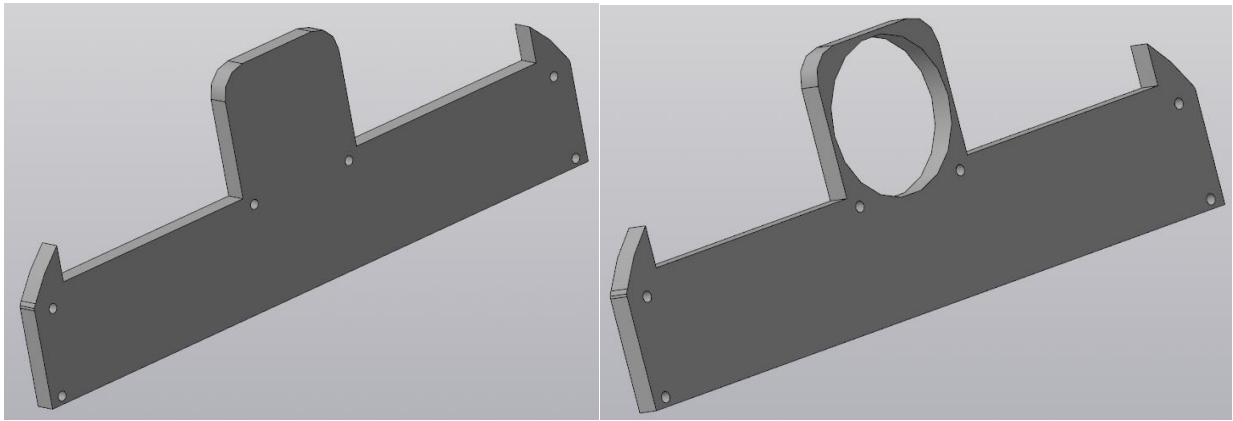


Рисунок 3.6 – Бічні кришки

Корпус світильника виготовлений з анодованого алюмінію із внутрішнім алюмінієвим радіатором. Світильник з такого матеріалу має високі якісні показники. Основними перевагами алюмінію є: легкість монтажу, мала вага, висока стійкість до ударів, забезпечення стабільного тепловідведення, довговічність і невелика ціна.

Для захисту корпусу світильника від іржі та корозії алюміній піддається анодуванню. У процесі, якого на поверхні алюмінію створюється щільна окисна плівка, це запобігає корозії металу. (рис. 3.7).

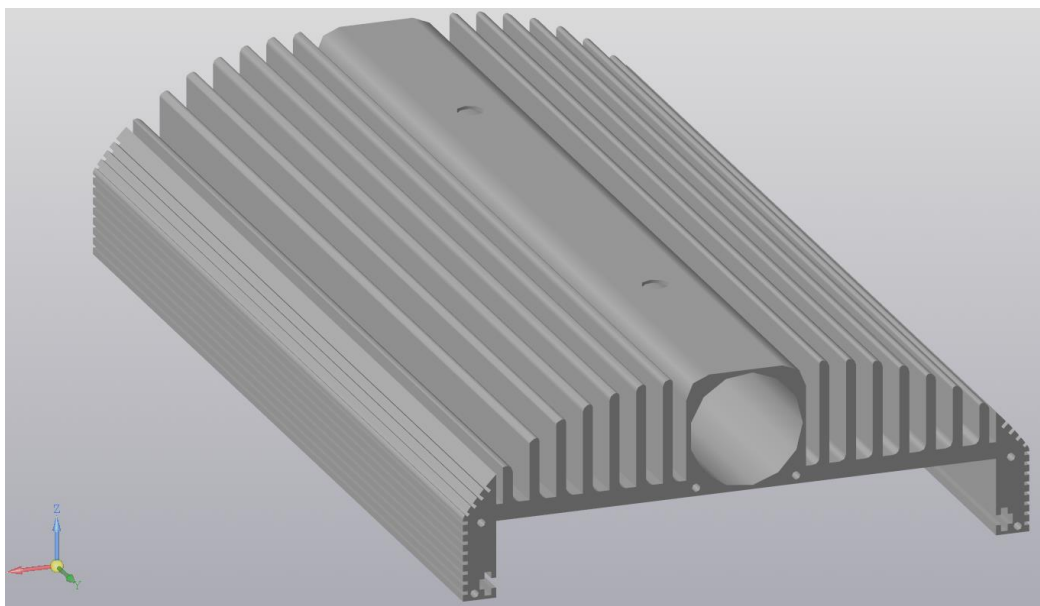


Рисунок 3.7 - Корпус проектного світильника

Світлодіодний модуль виготовлений із міцного алюмінієвого сплаву, що

забезпечує хорошу теплопровідність для охолодження світлодіодів. Самі ж світлодіоди розташовуються на всій його площі. Також модуль оснащений лінзами для кожного СД (рисунок 3.8).

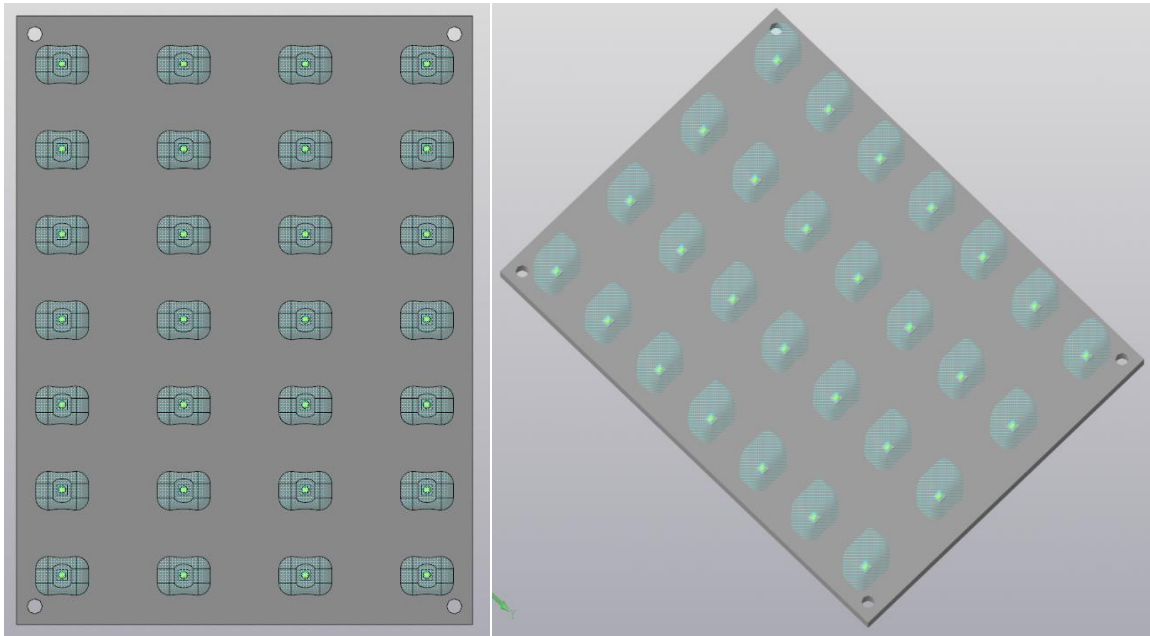


Рисунок 3.8 – Світлодіодний модуль

На рисунках 3.9-3.10 представлена 3D-модель світлодіодного світильника.

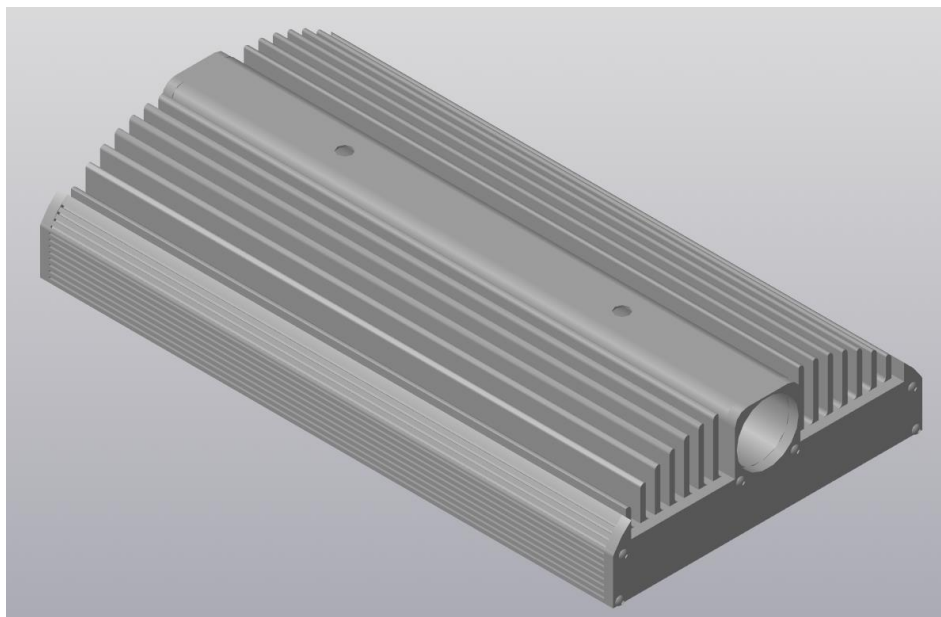


Рисунок 3.9 – 3D-модель світильника, що проектується

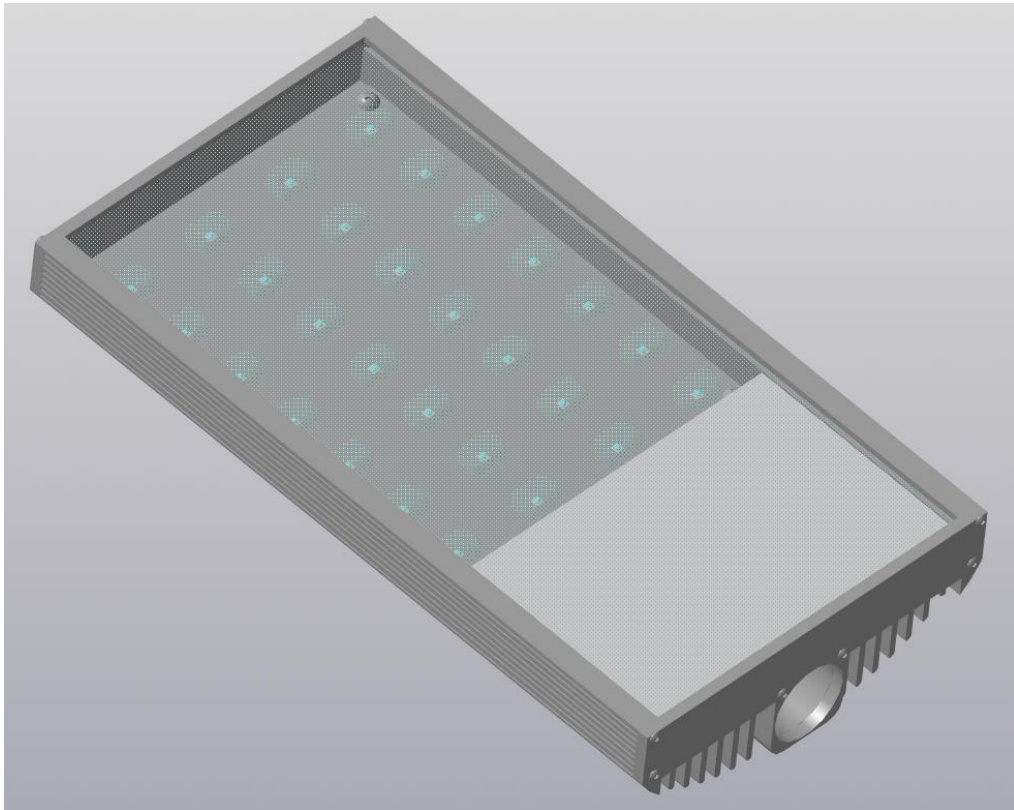


Рисунок 3.10 - 3D-модель світильника, що проектується

Зовнішній вигляд світлового приладу окремо та змонтованого на опорі представлено в додатках А та Б.

3.4.2 Моделювання світлорозподілу світлового приладу

Trace Pro – одна з найвідоміших програм для розрахунку та оптимізації оптичних систем. Вона дозволяє створювати тривимірні моделі оптико-механічних систем та проводити аналіз розподілу освітленості в системі, враховуючи відображення, розсіювання, поглинання, дифракцію світла. Трасування променів здійснюється методом Монте-Карло. Підтримує експорт та імпорт у всі відомі 3D формати, а також імпорт із Zemax, CodeV, Oslo.

Після того як світильник був спроектований, було проведено трасування променів за допомогою програми Trace Pro і змодельовано світлорозподіл світильника. На рис. 3.11-3.12 представлено 3Б-модель.

Потім у середовищі TracePro кожній деталі задали матеріал, а також

вибрано оптичні властивості поверхонь. У розроблюваному світловому приладі використовується 28 світлодіодів зі світловим потоком 145 (лм). Ці властивості були задані для кожного світлодіода. На рис. 3.13 представлено оптичні властивості джерела випромінювання.

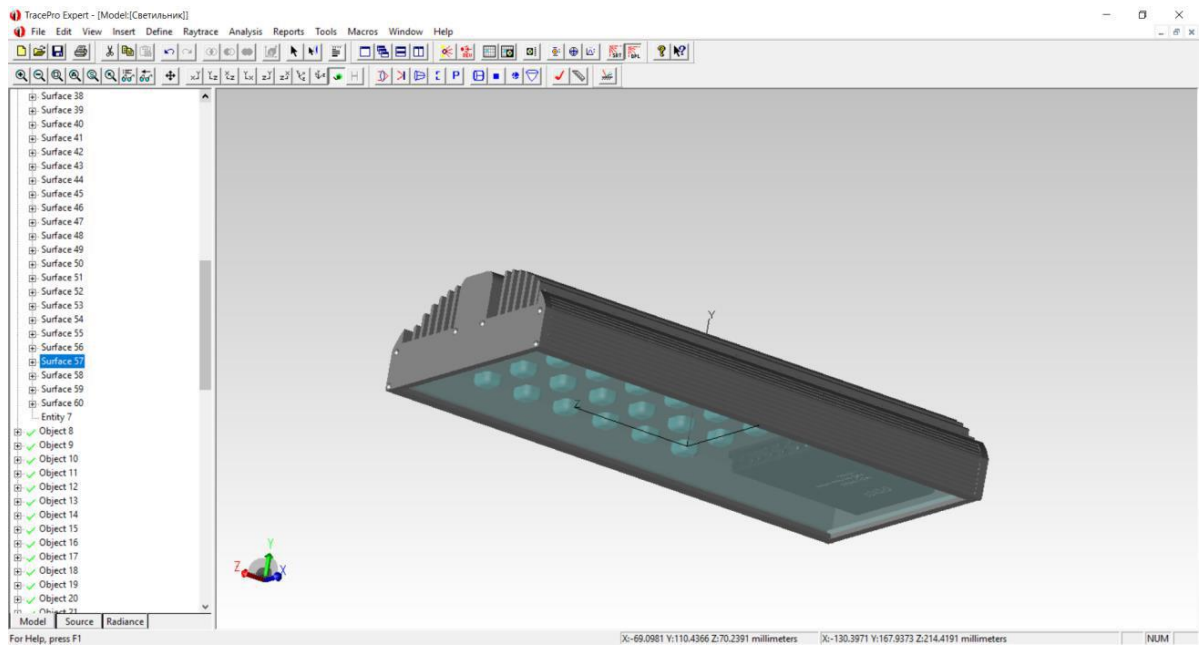


Рисунок 3.11 - 3D-модель світлового приладу

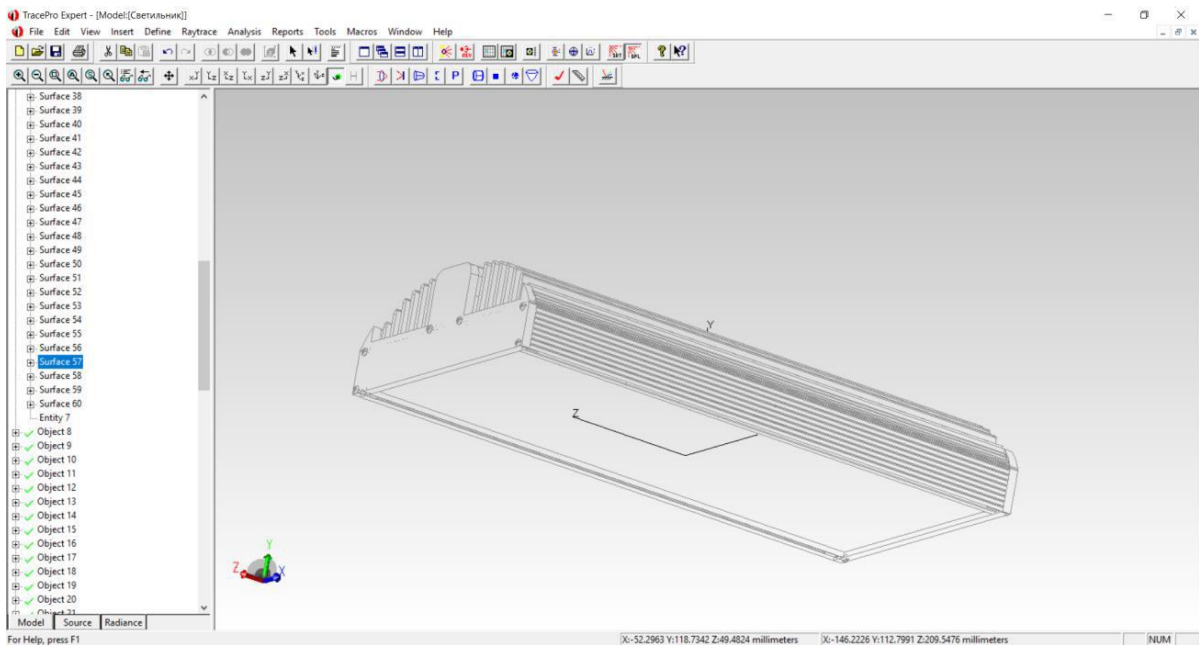


Рисунок 3.12 - 3D-модель світлового приладу

У проєктованому світловому приладі використовується лінзи (Ledlink LL01CR - OW70130L) та захисне скло із поліметилметакрилату з показником заломлення 1,4935 та товщиною 3 (мм). Оптичні властивості лінзи та

захисного скла з полікарбонату наведено на рис. 3.14.

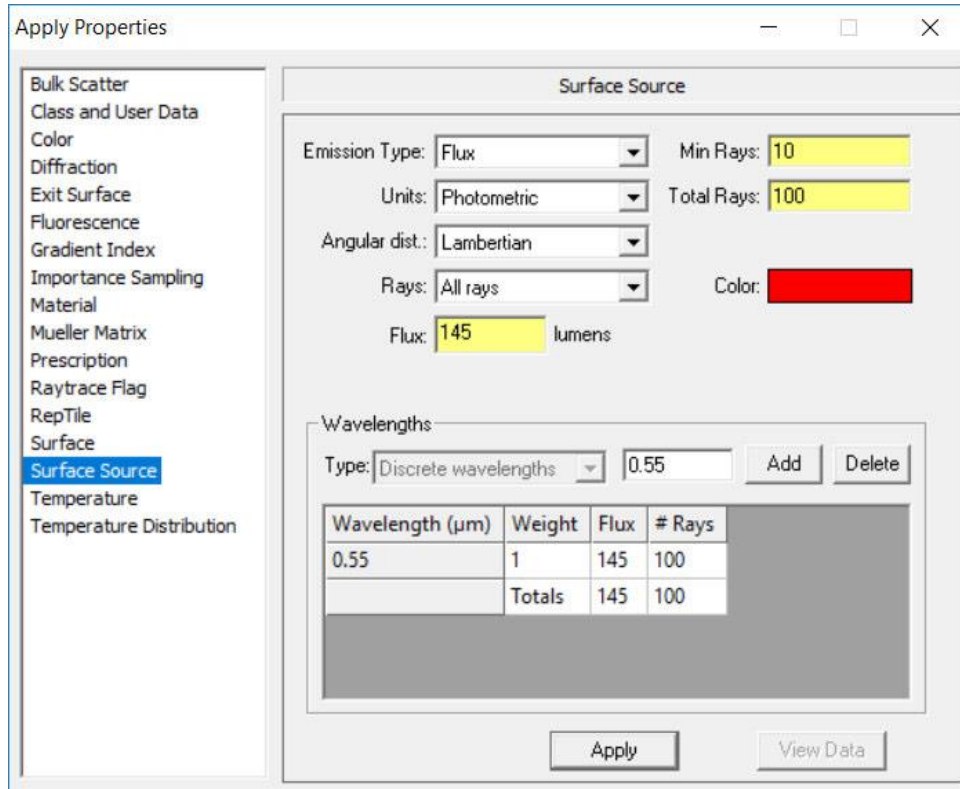


Рисунок 3.13 – Властивості джерела випромінювання

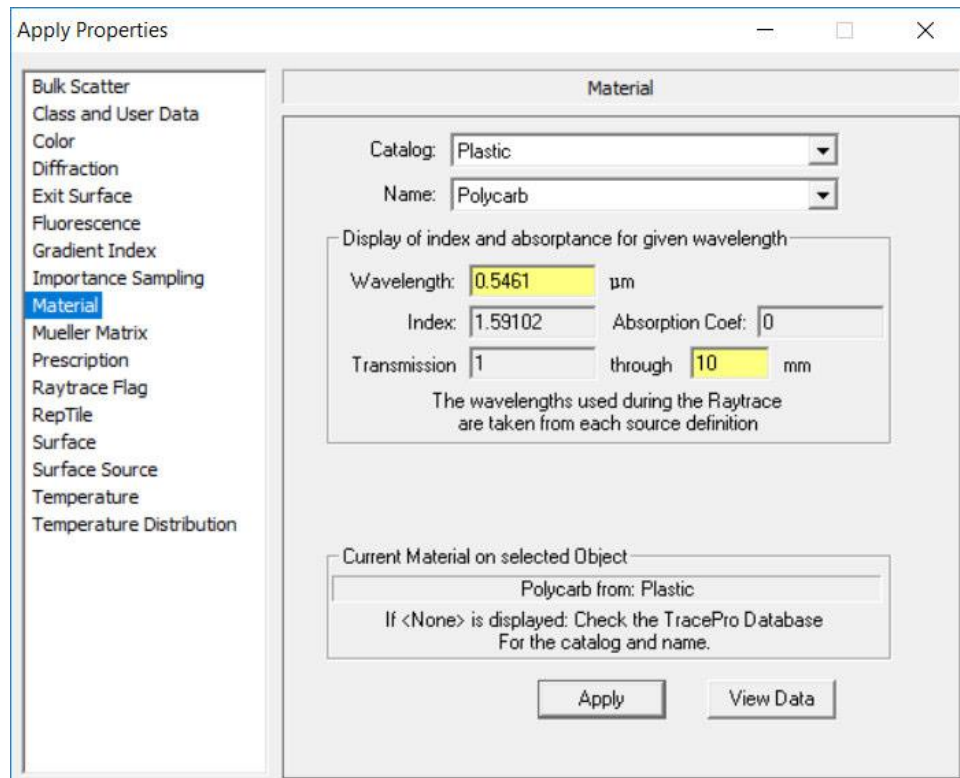


Рисунок 3.14 - Оптичні властивості лінзи та захисного скла

Полікарбонат має такі оптичні властивості:

- коефіцієнт відбиття: $\rho=0,05$;
- коефіцієнт поглинання: $\alpha=0,03$;
- коефіцієнт пропускання: $\tau= 0,92$.

Після завдання властивостей матеріалів та джерел світла здійснено трасування променів. Отримано графічне зображення трасування променів для створеного світлового приладу та напівширокої КСС (рисунки 3.15-3.18).

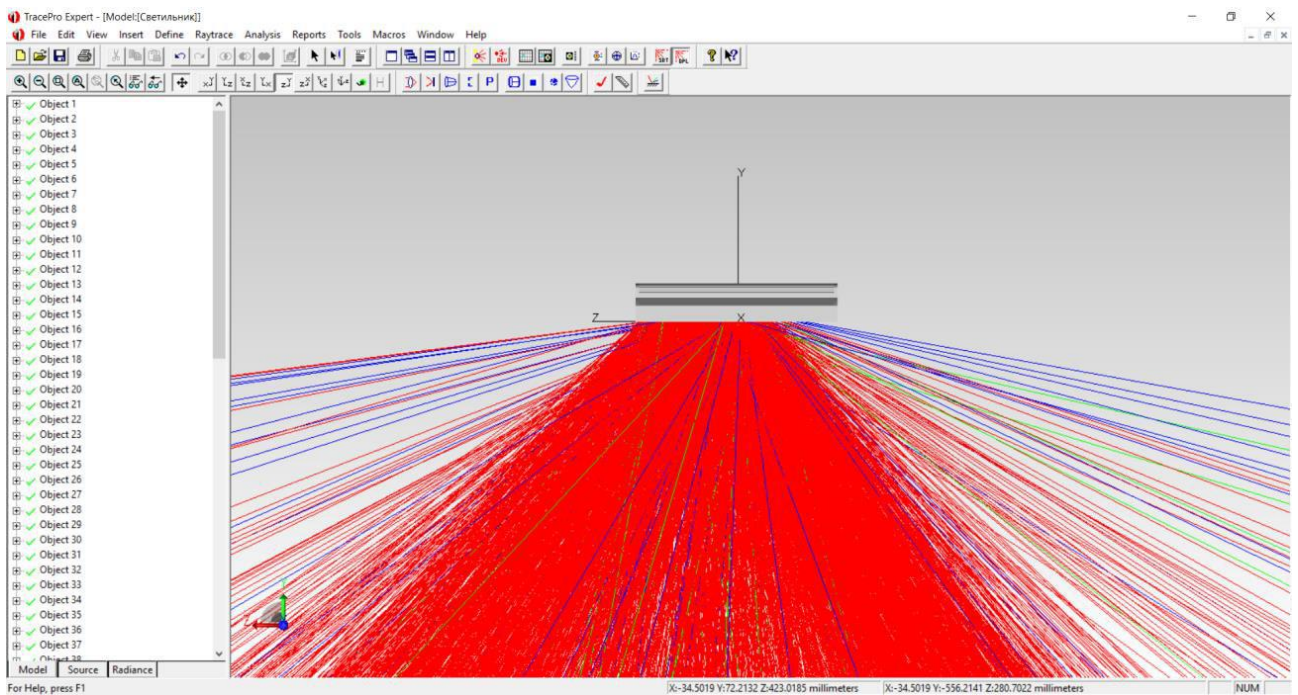


Рисунок 3.15 - Графічне представлення трасування променів

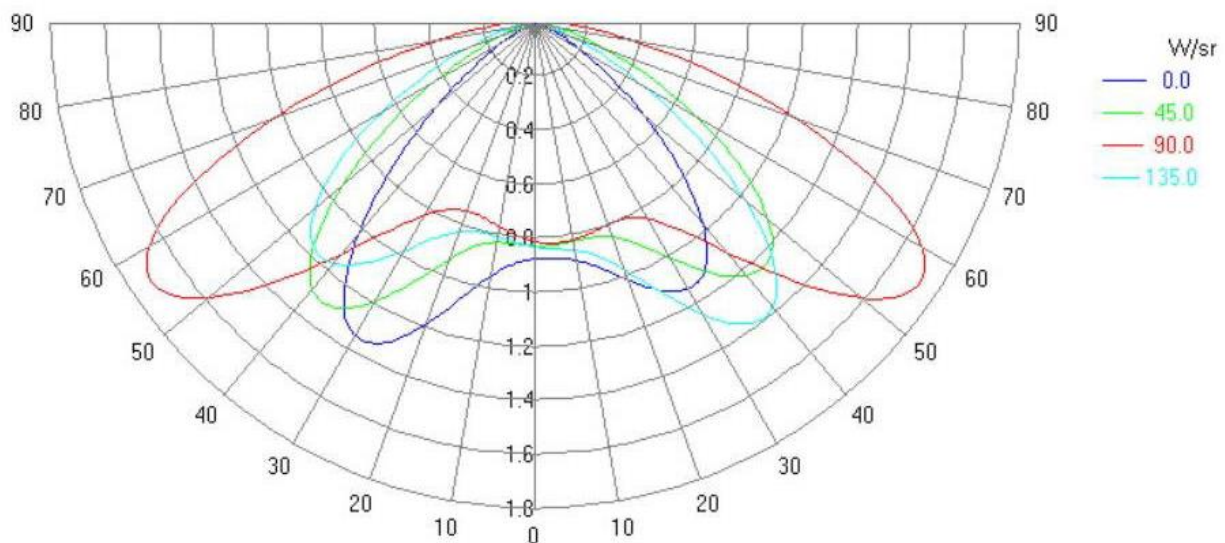


Рисунок 3.16 - КСС у полярних координатах

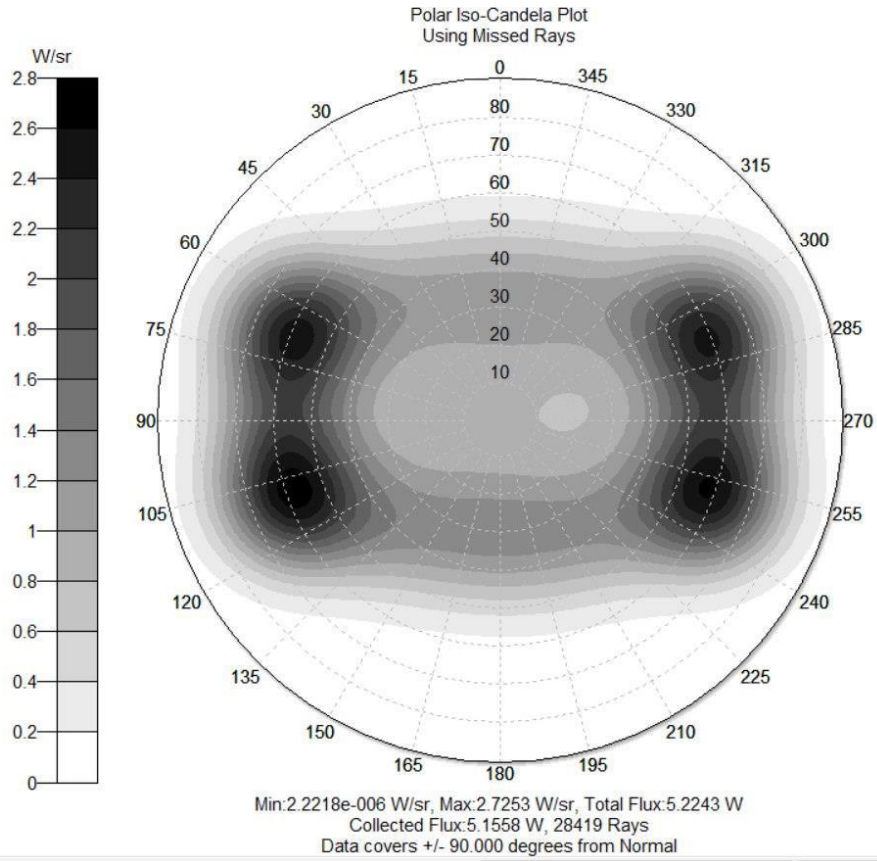


Рисунок 3.17 – Діаграма щільності енергії

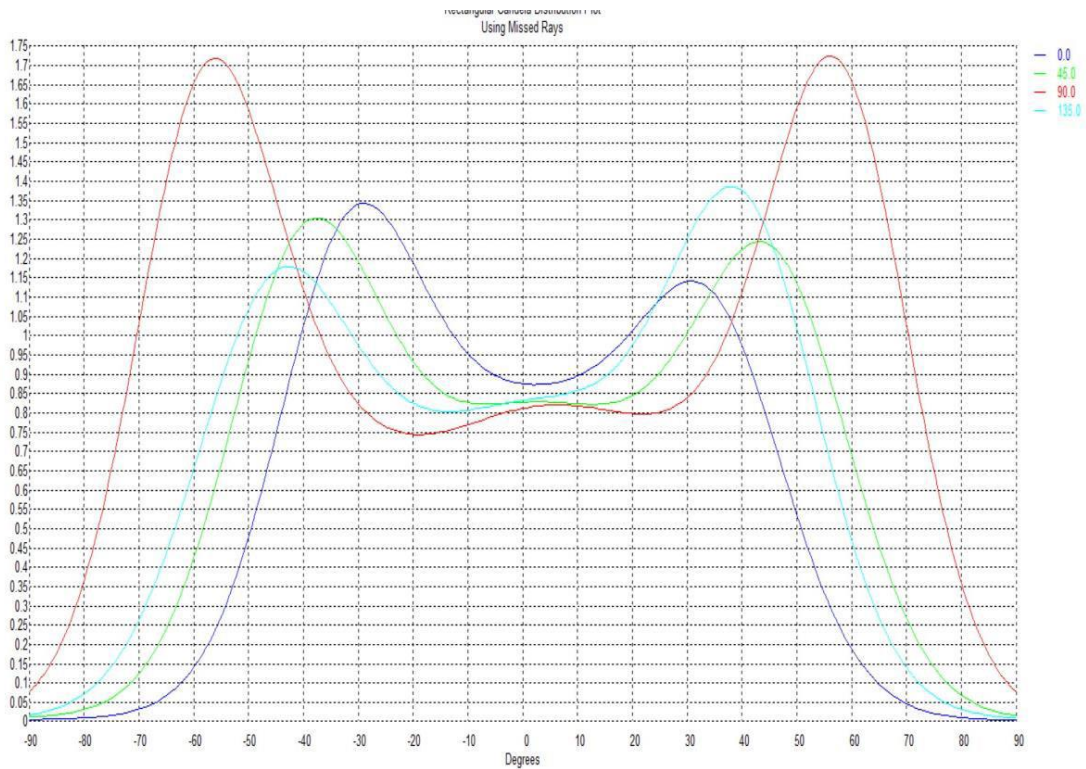


Рисунок 3.18 – КСС у прямокутних координатах

3.4.3 Моделювання освітлення за допомогою розробленого світлового приладу DIALux

DIALux — потужна комп'ютерна програма з розрахунку та безпосереднього дизайну штучного освітлення.

В результаті виконання світлотехнічного проекту освітлення автобусної зупинки та пішохідного переходу з використанням розробленого світлового приладу отримано 3D візуалізацію освітлення та рівні розподілу освітленості на окремих об'єктах [6].

Створення проекту освітлення проводилося так. Побудовано модель зупинки та пішохідного переходу (рисунок 3.19).

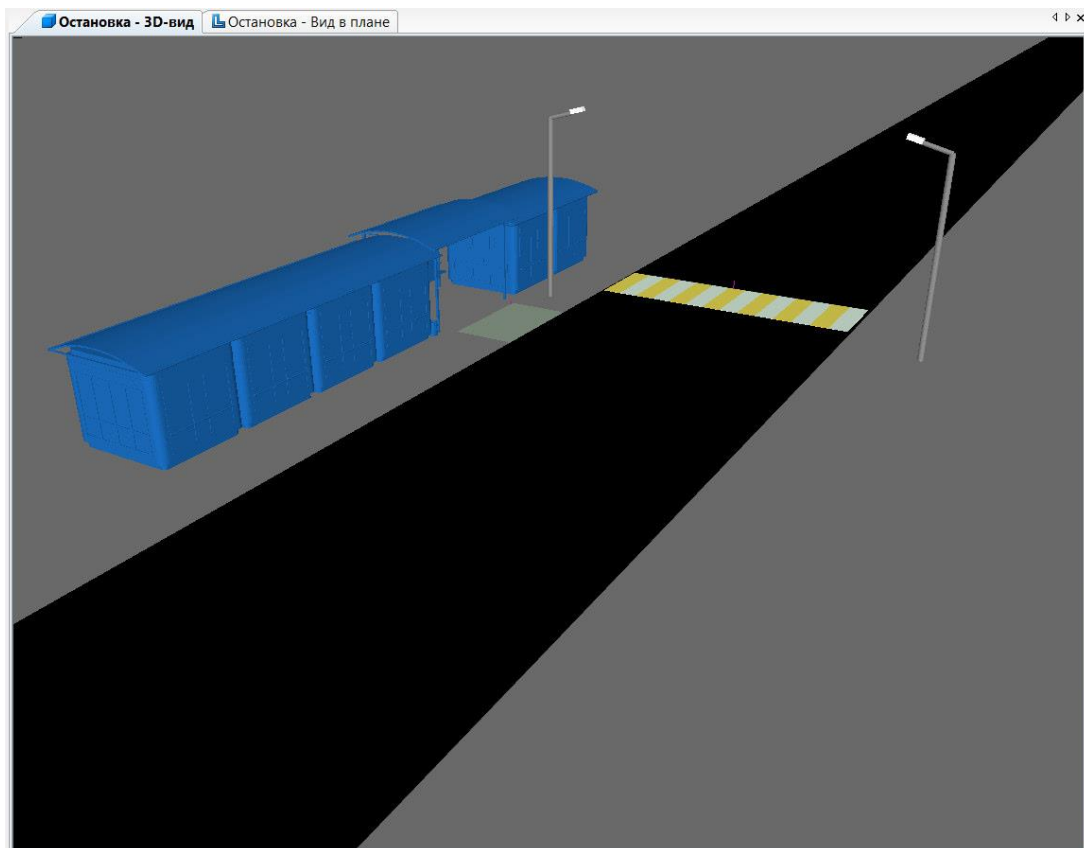


Рисунок 3.19 - Створення довкілля

Освітлення з використанням джерела світла, що проектується, представлено на рис. 3.20.

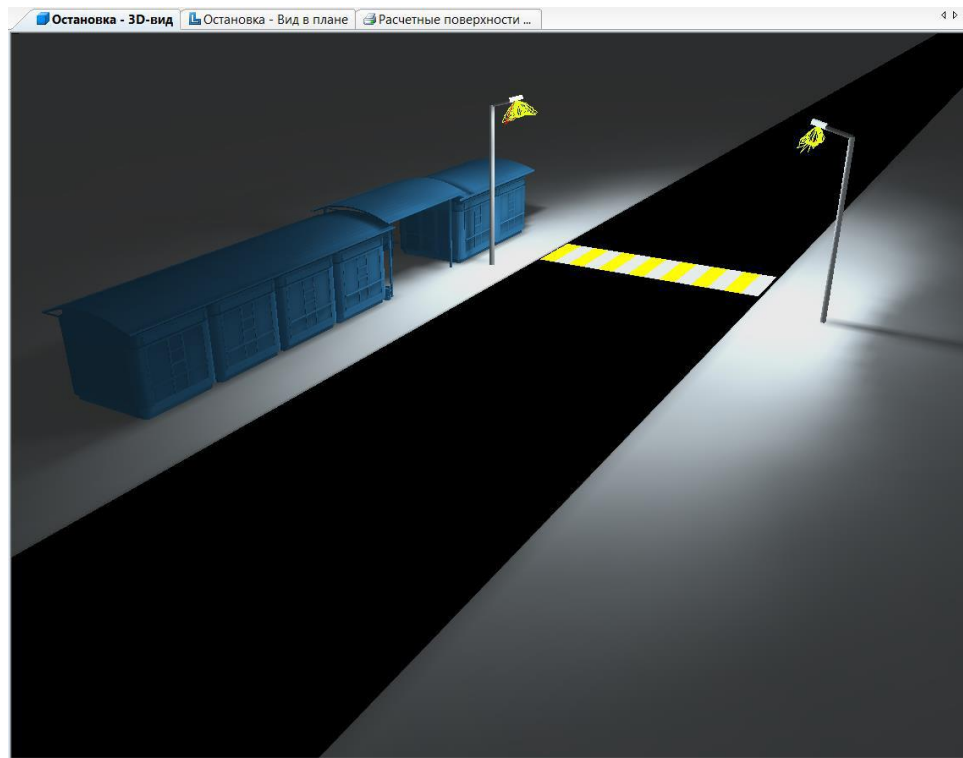


Рисунок 3.20 - Освітлення з використанням світильника

Відображення сцени у фіктивних кольорах є одним із ефективних прийомів оцінки якості освітлення, що дозволяє точно визначити недоосвітлені або переосвітлені області. На рис. 3.21 представлені рівні розподілу освітленості у фіктивних кольорах та огляд результатів представлений на рис. 3.22.

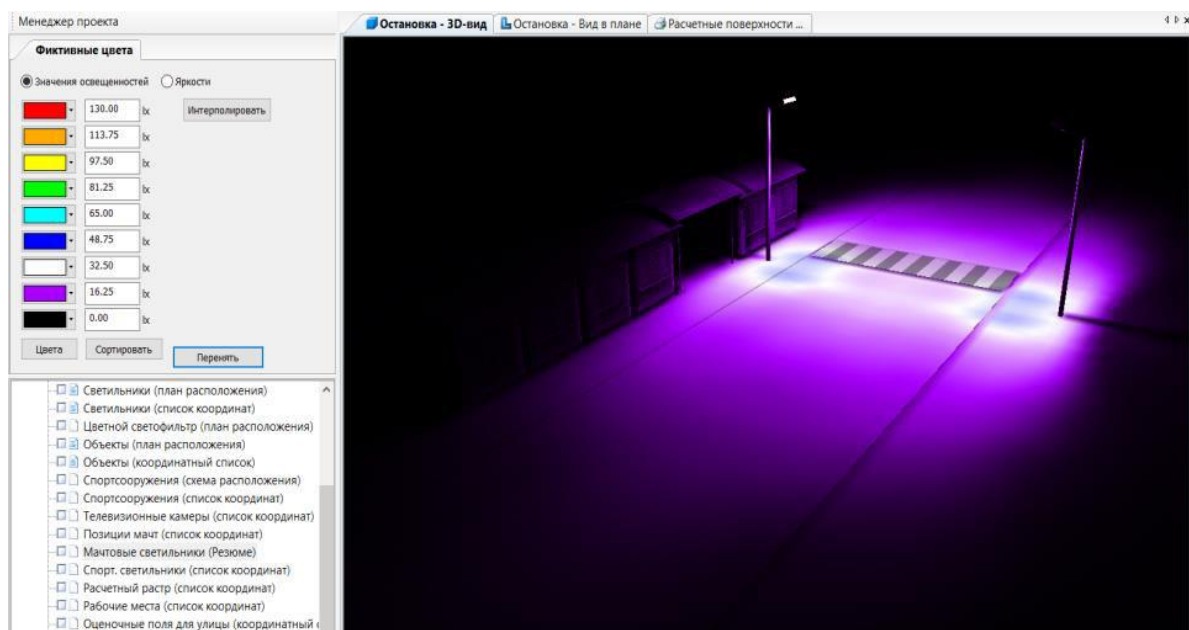
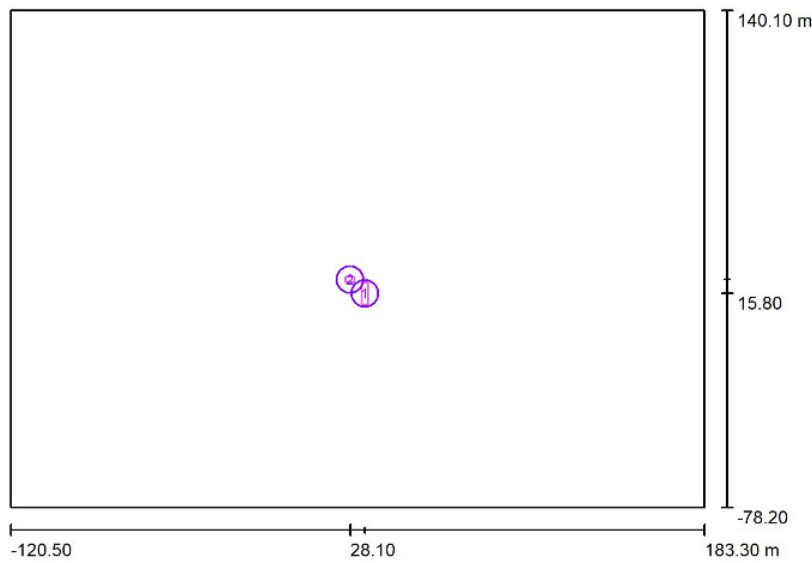


Рисунок 3.21 - Рівні розподілу освітленості у фіктивних кольорах із

використанням світильника

Остановка / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 2484

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	Расчетные поверхности 1	по вертикали	32 x 64	29	25	37	0.857	0.671
2	Расчетные поверхности 2	по вертикали	16 x 16	29	21	37	0.732	0.569

Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по вертикали	2	29	21	37	0.72	0.56

Рисунок 3.22 – Огляд результатів проекту освітлення зупинки з використанням світильника

Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що світлотехнічний проект, виконаний з проєктованим світловим приладом, повністю відповідає вимогам стандартів за показником освітленості.

3.5 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз надходження сонячної енергії на поверхню фотоелектричної (сонячної) батареї та проведено розрахунок кількості необхідної енергії, якщо світловий прилад повинен пропрацювати 6-9 годин на добу, залежно від сезону. На основі цього була обрана сонячна батарея 200M TopRay Solar серії TPS105S, виготовлена з

високоєфективних монокристалічних сонячних елементів першої категорії якості Grade A.

2. Розроблено електричну схему підключення світлодіодів у проєктованому світильнику, яку реалізовано у програмі Sprint-Layout.
3. Оскільки світло діодам необхідно забезпечити певний температурний режим, то було проведено розрахунок радіатора: його матеріал та площу охолоджуваної поверхні.
4. У системі «КОМПАС-3D» розроблена фізична 3D модель світлодіодного світильника та його елементів.
5. Після того як світильник був спроектований, було проведено трасування променів за допомогою програми Trace Pro і змодельовано світлорозподіл світильника. Отримано графічне зображення трасування променів для створеного світлового приладу та напівширокої КСС
6. У програмі DIALux виконано розрахунок світлотехнічного проєкту освітлення автобусної зупинки та пішохідного переходу з використанням базового та розробленого світлового приладу й отримано 3D візуалізацію освітлення та рівні розподілу освітленості на окремих об'єктах. Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що світлотехнічний проєкт виконаний із спроектованим світловим приладом, повністю відповідає вимогам стандартів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж

Запобігання вибухів та пожеж – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення вибухів та пожеж.

Організаційні і технічні заходи щодо запобігання пожежі реалізуються ще на стадії проектування окремих об'єктів підприємств. При цьому заздалегідь вивчаються особливості технологічних процесів і об'єктів, можливі причини і джерела виникнення вибухів та пожеж. Запобігання пожежі великою мірою сприяє правильне планування, розміщення основних об'єктів з урахуванням рельєфу місцевості, дотримання протипожежних розривів між будівлями відповідно до вимог генерального плану.

Попередження вибухів та пожеж на підприємствах досягається[7]:

- запобіганням утворенню горючого середовища;
- запобіганням виникненню в горючому середовищі або появи в ньому джерел запалювання.

Запобігання утворення горючого середовища повинно досягатися:

- максимально можливим застосуванням негорючих і важко горючих речовин і матеріалів;
- обмеженням маси і об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечним способом їх розміщення;
- ізолюванням горючого середовища;
- підтримуванням концентрації горючих газів, пари, суспензій і окислювача в суміші за межею їх спалаху;
- достатньої концентрації флегматизатора в повітрі захищеного об'єкту;
- підтримуванням його температури і тиску, за якими розповсюдження полум'я неможливе;

- максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з вживанням горючих речовин;
- встановленням пожежонебезпечного обладнання, по можливості, в ізольованих приміщеннях чи на відкритих площадках;
- застосуванням для горючих речовин герметичного обладнання і тари;
- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від ушкоджень і аварій, встановленням відключаючих, відсікаючих та інших пристроїв;
- застосуванням ізольованих відсіків, камер, кабін.

Попередження утворення в горючому середовищі джерел запалювання повинно досягатися такими основними заходами [7]:

- застосуванням машин, механізмів, обладнання, пристроїв, під час експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- застосуванням електрообладнання, що відповідає класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;
- застосуванням в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;
- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки;
- пристроєм блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання. Будівлі та споруди складів паливно-мастильних матеріалів захищають від прямих ударів блискавки, електростатичної та електромагнітної індукції та заносу потенціалів;
- підтримкою тиску в горючому середовищі нижчого за максимально припустимий за горючістю;
- зменшенням визначального розміру горючої суміші середовища нижче максимально припустимого за горючістю.;

- регламентацією виконання, застосування і режиму експлуатації машин, механізмів та іншого обладнання, матеріалів і виробів, що можуть бути джерелом запалювання горючого середовища;
- застосуванням енергоустаткування, що відповідає класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;
- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки.;
- регламентацією максимально допустимої температури нагрівання поверхонь обладнання і матеріалів, що можуть увійти в контакт з горючим середовищем. Режимми роботи насосів, перекачувальних паливно-мастильних матеріалів не повинні спричиняти підвищене нагрівання їх поверхонь;
- регламентацією максимально допустимої енергії іскрового розряду в горючому середовищі. Знижувати енергію іскрового розряду можна, зменшуючи напруження між частинами обладнання, при якому відбувається іскровий розряд в горючому середовищі;
- регламентацією максимально допустимої температури нагрівання горючих речовин, матеріалів і конструкцій;
- застосуванням інструмента, що не іскрить під час роботи з легкозаймистими речовинами. Слід застосовувати інструмент і пристосування, що не висікають іскри під час ударів і падіння;
- ліквідацією умов для хімічного самозагоряння речовин і матеріалів. До самоzapalювальних речовин в технологічних процесах належать пірофорні речовини, що розігріваються при окисленні киснем повітря до 600 °С;
- усуненням контакту з повітрям пірофорних речовин.

4.2 Фізичні основи електробезпеки

Величина струму, що проходить через тіло людини при її попаданні під напругу, в найбільшій мірі визначає тяжкість ураження. Для розробки технічних і організаційно-технічних заходів і засобів профілактики електротравм важливо знати, від яких конструктивних особливостей електроустановок, їх робочих параметрів і стану залежить можлива величина струму через людину при потраплянні під напругу. Крім того, важливо, щоб весь електротехнічний персонал, усі працівники, робота яких пов'язана з експлуатацією електроустановок, чітко розуміли, чим обумовлена, що є причиною тієї чи іншої вимоги з електробезпеки. Таке знання, розуміння вимог чинних нормативів з електробезпеки сприятиме дотриманню їх працівниками, і якраз розуміння цих вимог відрізняє працівників п'ятої групи з електробезпеки від четвертої, і є обов'язковою складовою їх професійної підготовки з питань безпеки [7].

У реальній електричній мережі (повітряній чи кабельній) опір ізоляції проводів відносно землі розподіляється по всій довжині мережі — опорні, підвісні, натяжні ізолятори, ізоляція кабелю. Чим більша протяжність мережі, тим більше ізоляторів, які працюють паралельно, і менший загальний опір ізоляції проводів відносно землі. Необхідний опір ізоляції регламентується чинними нормативами. На практиці ізоляція струмопроводів виконується з реальних діелектриків, питомий опір яких не дорівнює нескінченності. Внаслідок старіння ізоляції, її частого зволоження, забруднення, нагріву, дії агресивного середовища тощо, питомий опір ізоляції знижується. Тому кожна ділянка довжини проводу має опір ізоляції певного значення або провідність, яка відрізняється від нуля, а при роботі реальної мережі мають місце постійні втрати струму (виток струму) через ізоляцію і землю. Таким чином, незважаючи на наявність ізоляції, токопроводи електромережі електрично зв'язані між собою і землею провідниками (ізоляцію) з великим опором.

Відповідно до зазначеного вище, кожна ділянка довжини проводу

електромережі, що знаходиться під напругою, крім опору ізоляції має певну ємність відносно землі. Тому при дотиці людини до неізольованої струмовідної частини (проводу тощо) функціонуючої електромережі струм через людину обумовлюється величиною напруги дотику і ємністю зазначеної вище системи. Ємнісна складова струму через людину при потраплянні під напругу в розгалужених мережах може досягати небезпечних для людини значень. Тому навіть при відключенні мережі від джерела живлення для ремонтно-профілактичних робіт тощо, необхідно заземлити кожен провід переносним заземленням і тільки після цього та перевірки відсутності напруги допускати персонал до роботи.

4.3 Захист від статичної електрики

Статична електрика – це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням, накопиченням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектричних та напівпровідникових речовин, матеріалів та виробів. Виникнення зарядів статичної електрики є результатом складних процесів перерозподілу електронів чи іонів при стиканні двох різнорідних тіл (речовин) [7].

Порушення поверхневого контакту при терті тіл призводить до електризації - виникнення електричних зарядів, які можуть утримуватись на поверхні цих тіл протягом тривалого часу. Такі заряди, на відміну від рухомих зарядів динамічної електрики (електричний струм) знаходяться у статичному стані.

Електричні заряди виникають:

- при терті діелектричних тіл один об одного або об метал (наприклад, пасові передачі);
- при переливанні, перекачуванні, перевезенні в ємностях горючих та легкозаймистих рідин;
- при транспортуванні горючих газів трубопроводом;

- при подрібненні діелектриків;
- при переміщенні сухого запиленого повітря зі швидкістю понад 15 – 20 м/с і т.п.

Систематичний вплив електростатичного поля підвищеної напруженості негативно впливає на організм людини, викликаючи, в першу чергу, функціональні розлади центральної нервової та серце-судинної систем. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.045-84 гранично допустима напруженість електричного поля $E_{\text{доп}}$ на робочих місцях не повинна перевищувати 60 кВ/м, якщо час впливу t_v не перевищує 1 год; при 1 год $< t_v < 9$ год – $E_{\text{доп}} = 60\sqrt{t_v}$.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів досягається трьома основними способами:

- запобіганням виникнення та накопичення статичної електрики,
- прискоренням стікання електростатичних зарядів,
- нейтралізацією електростатичних зарядів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що особливістю автономних вуличних світильників, що живляться від сонячних батарей є зручність їх монтажу, оскільки для них не потрібно прокладати кабелі електроживлення. А це знижує витрати на їх встановлення та експлуатацію.

2. Аналіз характеристик існуючих автономних світильників дозволив здійснити вибір світлодіодів, вторинної оптики, контролера, драйвера, акумуляторної батареї та фотоелектричної панелі для автономного світлодіодного світильника.

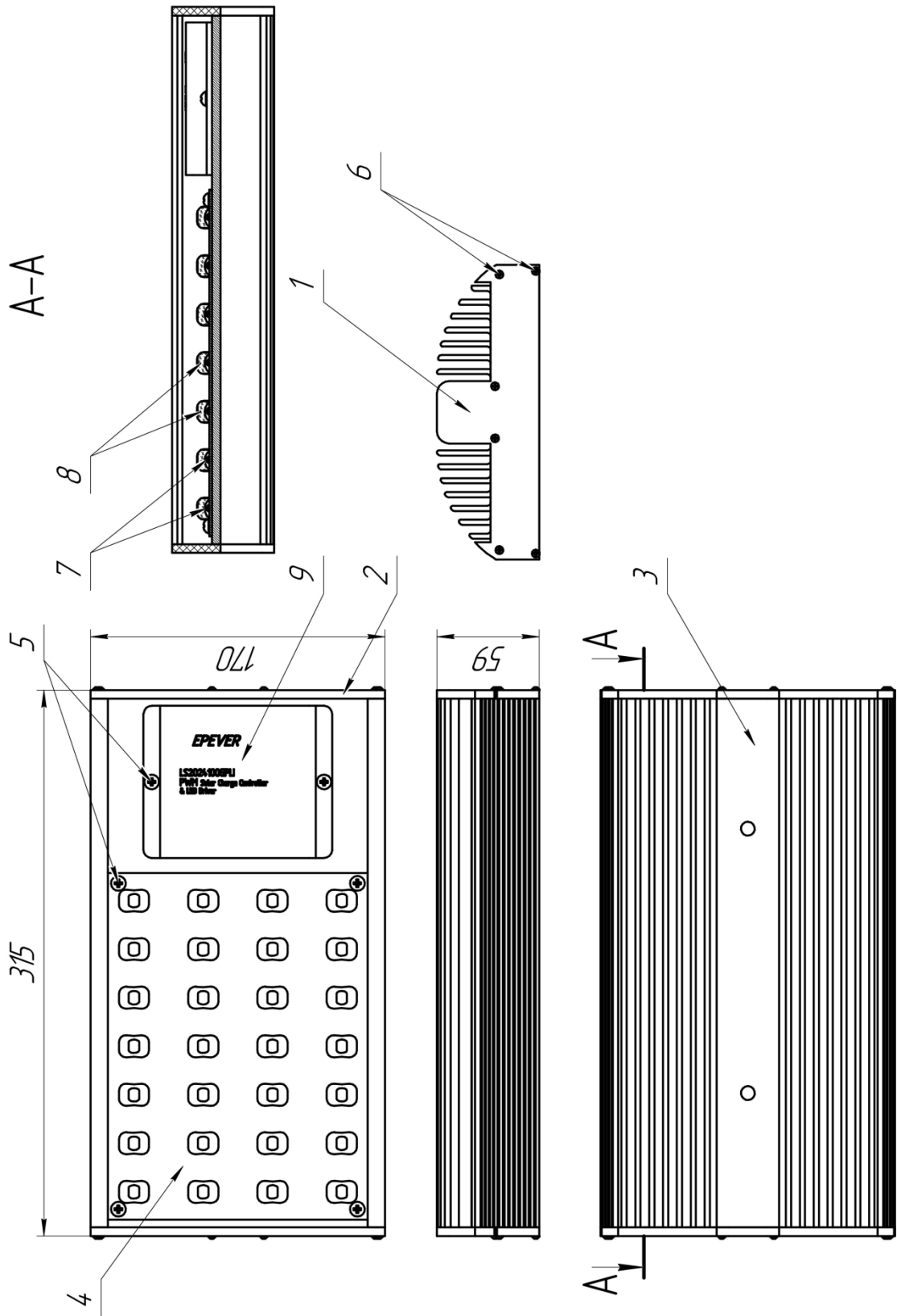
3. В результаті було розроблено креслення світлового приладу та його елементів, створено 3D-модель світлодіодного приладу, здійснено трасування променів з поданням отриманих КСС.

4. Застосування автономних світильників є доцільним при освітленні об'єктів, що знаходяться далеко від джерел енергії. При цьому конструкція приладу не містить складних вузлів та деталей, її виробництво може бути організоване як дрібними партіями, так і масово.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Uthirakumar P., Lee Y.-S., Suh E.-K., Hong C.-H. Hybrid fluorescent polymer–zinc oxide nanoparticles: Improved efficiency for luminescence conversion LED. // J. Luminescence. – 2008. – Vol. 128, № 3. – P. 287-296
2. Типи LED-ламп[Електронний ресурс]. - Режим доступу:<https://electric.org.ua/lamp/about-lamp/osvitlyuvalni-prylady-novoho-pokolinnya-svitlodiodni-led-lampy.html>
3. Технологічні типи світлодіодів[Електронний ресурс]. - Режим доступу:
https://svetcomplect.ua/ua/statti/svitlododn_lampi_kоротко_pro_golovne
4. Характеристика LED-драйверів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://homediz.cx.ua/drajveri-dlya-svitlodiodiv-vidi-xarakteristiki-ta.html>
5. IEC 62384 DC or AC supplied electronic control gear for LED modules — Performance requirements.
6. Правила та вимоги до розрахунку і проектування освітлювальних установок [Електронний ресурс].- Режим доступу:
https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625a3bd78a5d53a89421306c36_0.html
7. Гандзюк, М. П. Основи охорони праці [Текст] : підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський ; за ред. М. П. Гандзюка ; МОН України. – 4-е видання. – К. : Каравела, 2008. – 384 с.

Додаток А



Додаток Б

