

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)  
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

**АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ СВІТЛОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ  
НА ДІЛЯНЦІ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ ВИРОБІВ**

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. АУТПм-19-1  
Шевченко М. В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані тех-  
нології

освітньої програми Автоматизоване управління  
технологічними процесами

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник професор кафедри Сезонова І. К.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту  
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2020 р.

	Харківський національний університет радіоелектроніки
Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Автоматизоване управління технологічними процесами (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові \_\_\_\_\_ Шевченку Максиму Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація управління світловими характеристиками промислових приміщень

затверджена наказом по університету від \_\_\_\_\_ 02.11. 2020 р. № 1510 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 16.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи процесор Intel Pentium не менше 1,7ГГц; RAM 2Гб; місце на жорсткому диску не менше 250 МВ; сервер з підтримкою PHP; СУБД MySQL.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

4.1 Аналіз предметної області дослідження

4.2 Розробка WEB-додатку

4.3 Проведення експериментальних досліджень

4.4 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt) – 12 с. формату А4

---



---



---



---

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області дослідження	20.09–26.09	виконано
2	Розробка WEB-додатку	03.10–12.10	виконано
3	Проведення експериментальних досліджень	01.11–16.11	виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	17.11–23.11	виконано
5	Подання у ЕК		виконано
6			
7			
8			

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Шевченко М. В.

( прізвище, ініціали)

професор кафедри  
Сезонова І. К.

(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 15 рис., 10 табл., 17 джерел посилання.

### ВИРОБНИЦТВО, ОСВІТЛЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СИСТЕМА, ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ.

Об'єкт дослідження – автоматизована система управління освітленням багатомодульним виробничим приміщенням (технопарком) із складним алгоритмом роботи.

Предмет дослідження – інтегрована система освітлення, яка складається з природного (сонячного), штучного (від стандартної електромережі) та альтернативного (сонячні, повітряні колектори та ін. ) джерел, яка забезпечує необхідний режим роботи багатомодульного виробничого приміщення із складним алгоритмом роботи.

Методи дослідження – аналітичні, емпіричні, математичне моделювання, програмне тестування.

Мета атестаційної роботи – розробка автоматизованої системи управління інтегрованою системою освітлення за допомогою програмного продукту.

Розроблена система може бути використана на підприємствах, які потребують впровадження сучасної економічної автоматизованої системи управління освітленням.

Виконано огляд існуючих систем автоматичного управління освітленням, виявлено та проаналізовано їх недоліки, розроблено оптимальну систему.

Результати магістерської атестаційної роботи апробовано на міжнародній конференції.

## ABSTRACT

Explanatory note: 79 pp., 15 figs., 10 tables., 17 reference sources.

PRODUCTION, LIGHTING, AUTOMATION, SYSTEM, SOFTWARE PRODUCT.

The object of research is an automated lighting control system with a multi-module production room (technopark) with a complex algorithm.

The subject of research is an integrated lighting system, which consists of natural (solar), artificial (from the standard power supply) and alternative (solar, air collectors, etc.) sources, which provides the necessary mode of operation of a multimodular production room with a complex algorithm.

Research methods - analytical, empirical, mathematical modeling, software testing.

The purpose of certification work is to develop an automated control system for an integrated lighting system using a software product.

The developed system can be used at enterprises that require the introduction of a modern economic automated lighting management system.

A review of existing automatic lighting control systems was performed, their shortcomings were identified and analyzed, and an optimal system was developed.

The results of the master's certification work were tested at an international conference.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	7
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області дослідження.....	12
1.1 Аналіз сучасних типів виробництв.....	12
1.2 Особливості впровадження автоматизації в сучасні види виробництва.....	14
1.3 Аналіз існуючих систем освітлення.....	18
1.4 Порівняння ефективності різних типів джерел освітлення.....	21
1.5 Висновки до 1 розділу .....	27
2 Характеристика альтернативних видів енергозабезпечення.....	28
2.1 Огляд існуючих джерел альтернативного енергозабезпечення.....	28
2.2 Принцип роботи сонячної панелі.....	32
2.3 Технічні характеристики сонячних батарей.....	35
2.4 Розрахунок сонячної енергії.....	38
2.5 Висновки до 2 розділу.....	40
3 Розрахунок природного та штучного освітлення.....	42
3.1. Коефіцієнт природного освітлення.....	42
3.2. Мета і порядок розрахунку освітлення.....	44
3.3 Висновки до 3 розділу.....	55
4 Засоби реалізації програмного додатку.....	56
4.1 Вибір архітектури програмного комплексу.....	56
4.2 Опис архітектури серверу.....	57
4.3 Опис інструментів розробки.....	59
4.3.1 Мова програмування PHP.....	59
4.3.2 HTML і CSS.....	61
4.3.3 JavaScript.....	61
4.3.4 Фреймворки в веб-розробці.....	62
4.4 Обґрунтування вибору програмної реалізації.....	65

4.5 База даних розробленої системи.....	66
4.6 Опис розробленої системи.....	68
4.7 Вирішення задачі управління світловими характеристиками на ділянці мікро-електронних виробів за допомогою додатку.....	71
4.8 Висновки до 4 розділу.....	74
Висновки .....	76
Перелік джерел посилання.....	78
Додаток А Код програми.....	80
Додаток Б Демонстраційний матеріал у вигляді презентації.....	89

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CAM – Computer-aided manufacturing

CIM – Computer-integrated manufacturing

CMS – Content management system

ERPS – Enterprise Resource Planning System

FMS – Flexible Manufacturing System

IT – Information technology

MVC – Model-View-Controller

NC – Numerical control

PHP – PHP: Hypertext Preprocessor

SaaS – software as a service

АВР – Автоматичний вмикач резерву

АСУ ТП – Автоматизована система управління технологічним процесом

ГЕС – Гідроелектростанція

ДНаО – Натрієва лампа низького тиску

ДНаТ – Натрієва лампа високого тиску

ДРЛ – Ртутна лампа високого тиску

ЕПРА – Електронні пускорегулюючі апарати

КГ – Галогенна лампа розжарювання

КЛЛ – Компактна люмінесцентна лампа

ЛБ – Люмінесцентна лампа низького тиску

ЛР – Лампа розжарювання

ОС – Операційна система

ОУ – Об'єкт управління

ПЗ – Програмне забезпечення

РВЛ – Ртутно-вольфрамова лампа

САУ – Система автоматичного управління

СЛ – Світлодіодна лампа

СУО – Система управління освітленням

## ВСТУП

Освітлення, як внутрішнє, так і зовнішнє, є істотним споживачем електроенергії. У багатьох будинках різного призначення: промислових, житлових, адміністративних, освітлення становить більшу частину від загальної споживаної електроенергії. Енергозбереження в освітлювальних установках істотно впливає на витрату електроенергії, а проблеми її якості і раціональні методи експлуатації є надзвичайно актуальними.

Одним з важливих, може навіть пріоритетним заходом, спрямованим на зменшення споживання електроенергії та зниження експлуатаційних витрат, є управління освітлювальною установкою в мінливих умовах її роботи. Раціональне управління будь-яким процесом покращує його експлуатаційні показники, і освітлення в цьому відношенні не є виключенням. Управління освітленням, як і в інших системах, може бути автоматичним, автоматизованим і ручним.

Проблеми оптимального використання ресурсів, в останні роки стають як ніколи гостро. І якщо в глобальному сенсі, це дозволить знизити руйнівний вплив людства на навколишнє середовище, то в масштабах локального підприємства це призводить до зниження витрат на виробництво, а значить і до підвищення конкурентоспроможності. Одним з ключових елементів, що сприяють зниженню витрат можна віднести скорочення витрат на сировину і матеріали, а впровадження ресурсозберігаючих технологій може допомогти в цьому напрям. До ресурсів, що споживаються підприємствами можна віднести і електроенергію.

Таким чином метою магістерської випускної атестаційної роботи являється розробка автоматизованої системи управління інтегрованою системою освітлення за допомогою програмного продукту.

Об'єкт дослідження – автоматизована система управління освітленням багатомодульним виробничим приміщенням (технопарком) із складним алгоритмом роботи.

Предмет дослідження – інтегрована система освітлення, яка складається з природного (сонячного), штучного (від стандартної електромережі) та альтернативного (сонячні, повітряні колектори та ін. ) джерел, яка забезпечує необхідний режим роботи багатомодульного виробничого приміщення із складним алгоритмом роботи.

Методи дослідження – аналітичні, емпіричні, математичне моделювання, програмне тестування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі системи автоматизованого регулювання освітлення;
- розробити алгоритм та систему керування освітлення та енергоживлення виробничих приміщень;
- розробити веб-додаток, за допомогою якого буде здійснюватися контроль над системою;
- провести розрахунок основних виробничих факторів, які повинні задовольняти умовам роботи.

Пояснювальна записка оформлена згідно з рекомендаціями, керуючись навчальним посібником з дипломного проекту [1], ДСТУ 3008 – 15 [2] та методичними вказівками [3].

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Аналіз сучасних типів виробництв

У сучасній ринковій економіці фундаментальна та прикладна наука, науково-технічний потенціал країни давно стали відокремлюватися в якості головного чинника економічного розвитку, а конкурентна боротьба, яка все більше загострюється на світових ринках товарів та послуг, демонструє, що серед переможців опиняються лише ті країни, які не просто мають у своєму розпорядженні потужні науково-технічні можливості, але й найбільш ефективно їх використовують, тобто трансформують нові наукові ідеї, винаходи та відкриття у готову комерційну інноваційну продукцію, з найменшими витратами проходять при цьому цикл «наука–виробництво–збут». Скорочення цих витрат досягається, перш за все, шляхом створення нових інноваційних форм організації бізнесу, заснованих на складних формах спеціалізації і кооперування. Це дає змогу генерувати конкурентні переваги, які у таких інтегрованих структурах розподіляються між усіма учасниками. До таких інноваційних форм бізнесу можна віднести технополіси, технопарки, промислові парки, бізнес-інкубатори та інші інноваційні структури [4].

Слід відзначити, що досвід індустріально розвинених країн світу яскраво демонструє, що технологічні парки є одним з найбільш дієвих інструментів формування інноваційної інфраструктури країни, основною метою яких є організація наукового та виробничого процесу таким чином, щоб забезпечити швидку реалізацію та впровадження у виробництво наукових розробок, які стають інноваціями.

Технологічні парки на сьогодні розглядаються в якості основного чинника створення та розвитку інноваційної економіки. На сьогодні найбільша кількість функціонуючих технопарків спостерігається у розвинутих економічних системах (рис. 1.1).

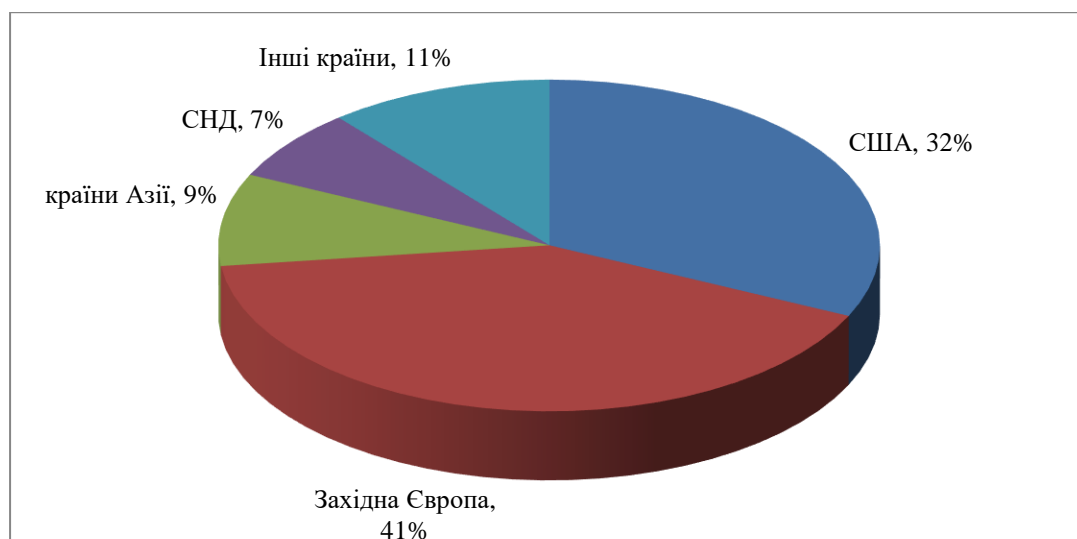


Рисунок 1.1 – Територіальний розподіл світових технопарків [4]

При становленні економіки інноваційного типу технопарки сприяють переходу до нового технологічного укладу, прискорюють процес комерціалізації досягнень інноваційної сфери, сприяють більшій ефективності функціонування підприємств малого та середнього бізнесу.

В процесі розвитку інноваційного типу економіки в країні, технологічні парки значно посилюють конкурентоздатність країни на світовому рівні, переводять виробництво на новий тип, підвищують інноваційну складову в експорті продукції, що сприяє більш сталому розвитку всіх галузей економіки країни в цілому. При створенні технопарків, згідно із думкою багатьох науковців, було використано ідею комплексної організації, наукомісткого виробництва з виникненням нових технологій. Однією з основних засад при створенні технопарків є сприяння структурній переорієнтації економіки, що можливо лише у разі максимального зближення науки та виробництва.

Технологічний парк є саме тією інноваційною структурою, яка здатна до найбільш ефективного використання такого найважливішого в сучасних умовах чинника конкурентоспроможності як ресурсне забезпечення.

В розвинених країнах сучасні організаційно-економічні механізми розробки та упровадження інновацій на державному рівні можуть бути прямої та опосередкованої дії [4].

## **1.2 Особливості впровадження автоматизації в сучасні види виробництва**

Впровадження автоматизації процесів, що протікають на виробництві за останнім часом набуло дуже широкого поширення. Досить багато промислових компаній намагаються впровадити сучасні технології в оснащення свого виробництва. Промислова автоматизація є комплексом операцій, які допомагають виконувати більшість виробничих процесів, і робити це без участі людини. Завдяки впровадженню автоматизації на виробництві випуск продукції може збільшитися в рази, причому знижується її собівартість, а якість поліпшується. Комп'ютери та автоматика дозволяє витратити набагато менше коштів і часу на проведення інспекції виробничого процесу.

В даний час промислова автоматизація сприяє зменшенню чисельності співробітників, а також збільшує надійність і довговічність техніки. Автоматизація виробничого процесу покращує умови праці, при цьому сприяє раціональному витрачання матеріалів, підвищуючи безпеку на виробництві. Висновком до цього, можна відзначити те, що людина просто не здатна виконувати свою роботу на виробництві настільки ж якісно, як промислові комп'ютери і автоматика.

Автоматизація процесів дозволяє виконувати свої функції в тих місцях, де мають місце складні умови праці: дуже висока температура і тиск, шкідливі речовини і хімікати. В результаті впровадження на виробництві автоматики працівник повністю або частково може бути звільнений від роботи в важких умовах. Це сприяє зниженню рівня отримання травм.

Сучасна промислова автоматика виконує велику кількість функцій, які вимагають від фахівця галузі великих розумових і фізичних витрат, тільки без неї просто неможливо обійтися в тій діяльності, де необхідне використання систем автоматизації.

Фахівці, що працюють з промисловою автоматизацією, відзначають, що найближчим часом сучасні технології повинні повністю увійти в виробництво. Що найменше, для цього є всі підстави.

До такого обладнання можна віднести автоматичні системи управління, в основі яких лежать промислові контролери та роботи, які підняли виробництво на абсолютно новий рівень. Відразу може здатися, що прогрес повинен зробити свій внесок в інтенсивність процесів на виробництві, скорочуючи частку «людської» праці. Тільки такого поки що не відбувається [5].

Під автоматизацією виробництва розуміють заміну ручної праці машинною, роботами, автоматичними приладами або програмним забезпеченням. Автоматизація полягає в тому, що на лінії виробництва робочий процес і деякі його компоненти (операції) виконуються не людьми, а спецтехнікою або інформаційними системами. Вже сьогодні автоматизоване виробництво може повністю замінити людину на багатьох видах робіт.

Автоматизація операцій може включати автоматизацію однієї операції або автоматизацію всього процесу виробництва. Автоматизоване обладнання може варіюватися від простих датчиків до автономних роботів та іншого складного устаткування.

Підвищення продуктивності і бажання отримати конкурентну перевагу, як правило, є основною причиною для старту проекту по автоматизації на багатьох підприємствах. Інші причини автоматизації можуть бути обумовлені не «надіями на майбутнє», а наявністю конкретних причин – наприклад, небезпечним робочим середовищем або високою вартістю людської праці. Деякі підприємства автоматизують процеси з метою скоротити час виробництва, збільшити гнучкість виробництва, скоротити витрати, усунути людські помилки або заповнити нестачу робочої сили. Рішення, пов'язані з автоматизацією, зазвичай стосуються деяких або навіть всіх перерахованих економічних і соціальних факторів [6].

Хоча автоматизація може відігравати важливу роль в підвищенні продуктивності і скорочення витрат в сфері послуг, автоматизація управління виробництвом найбільш поширена в обробних галузях. В останні роки в області виробництва використовуються наступні типи автоматизації [6]:

- інформаційні технології (ІТ);
- автоматизоване виробництво (САМ);

- устаткування з числовим програмним управлінням (NC);
- роботи;
- гнучкі виробничі системи (FMS);
- комп'ютерне інтегроване виробництво (СІМ).

Інформаційні технології (ІТ) охоплюють широкий спектр комп'ютерних технологій, що використовуються для створення, зберігання, вилучення та поширення інформації. Саме за рахунок інформаційних технологій в даний час здійснюється більша частина автоматизацій, наприклад, автоматизація виробництва на базі ІС.

Автоматизоване виробництво (САМ) відноситься до використання комп'ютерів у різних функціях планування виробництва і контролю. У виробничому процесі використовуються машини з числовим програмним управлінням, роботи і інші автоматизовані системи. Машини з ЧПУ (NC) – це запрограмовані версії верстатів, які послідовно виконують операції. Для цієї мети у машин можуть бути свої комп'ютери. Такі інструменти зазвичай називаються комп'ютеризованими машинами з ЧПУ. В інших випадках багато машин можуть спільно використовувати один і той же комп'ютер. Вони називаються верстатами з прямим чисельним управлінням.

Роботи – цей тип автоматизованого обладнання може виконувати різні операції, які зазвичай обробляються людиною, що виступає в ролі оператора. У виробництві роботи використовуються для вирішення широкого кола завдань, включаючи збірку, зварювання, фарбування, навантаження і розвантаження важких або небезпечних матеріалів, огляд і випробування, а також оздоблювальні роботи.

Гнучкі виробничі системи (FMS) представляють собою комплексні системи, які можуть включати в себе верстати з числовим програмним управлінням, роботів і автоматизовані системи обробки матеріалів, тобто це повністю автоматизовані лінії для повного циклу виробництва продукції.

Система комп'ютерного інтегрування (СІМ) – це система, в якій багато виробничих функцій пов'язані через інтегровану комп'ютерну мережу і включають в себе планування виробництва, контроль якості, автоматизоване виробництво, автоматизоване проектування, закупівлю, маркетинг і інші функції.

Сьогодні на ринку представлений великий вибір програмних продуктів для здійснення автоматизації бізнес процесів виробництва [7].

Практично будь-яке підприємство зацікавлене в зростанні обсягів виробництва, впровадження високопродуктивного обладнання та інноваційних технологій, без яких неможливо досягти зростання продуктивності праці, зберегти старі і завоювати нові ринки збуту. При всій доцільності автоматизації потрібно враховувати, що це тривалий і дорогий процес, який реалізується через наступні етапи:

- 1) вивчення технологій виробництва;
- 2) вибір і узгодження з замовником устаткування і елементної бази;
- 3) проектування і випуск робочої документації;
- 4) розробка алгоритмів, програм;
- 5) поставка обладнання, монтаж;
- 6) навчання персоналу.

Перш ніж приступити до автоматизації виробництва і окремих виробничих процесів, потрібно вивчити алгоритми окремих виробничих і управлінських операцій і отримати комплексну інформацію про виробництво для подальшого техніко-економічного аналізу.

Зрозуміло, що вибір ступеня автоматизації виробництва залежить від економічної доцільності. Традиційно автоматизацію ділять на дві складові: часткову і комплексну.

Часткова автоматизація не пов'язана з великими витратами і передбачає від одного до декількох пристроїв, що прискорюють і спрощують частину технологічного процесу. При цьому, як правило, звільняється кілька трудомістких операцій, а сам технологічний ланцюжок залишається без змін.

Комплексна автоматизація виробництва або промислова автоматизація передбачає органічне поєднання технологічного і допоміжного обладнання в автоматичні лінії, з єдиним центром по синхронізації, координації, аналізу та оптимізації даних на рівні цеху або заводу. При цьому системи безперервно працюють, автоматичні машини функціонують як єдиний взаємозалежний комплекс, а системи нижнього рівня (АСУ ТП) і верхнього рівня (ERPS) надійно об'єднані в один

інформаційний простір. Комплексна автоматизація передбачає перегляд кожного елемента технологічного процесу, і оптимізацію управління цими процесами на базі накопиченого досвіду, сучасного обладнання і готових перевірених рішень. Успішний досвід впровадження на деяких українських підприємствах саме комплексної автоматизації забезпечив зростання фінансово–економічних результатів роботи, прозорість і керованість процесів, зменшив впливу людського фактору.

### 1.3 Аналіз існуючих систем освітлення

Залежно від основної мети, завдання СУО класифікуються таким чином:

- 1) системи стабілізації;
- 2) система програмного управління;
- 3) системи, що стежать.

У системах стабілізації робочий параметр об'єкту (регульована величина) підтримується постійним в часі при постійному завданні. Наприклад, для стабілізації робочих характеристик світлодіода необхідно підтримувати постійну величину струму того, що протікає через нього.

У системах програмного управління робочий параметр об'єкту змінюється в часі за заздалегідь відомим законом, відповідно до якого змінюється завдання.

У системах, що стежать робочий параметр об'єкту змінюється в часі за заздалегідь невідомим законом, який визначається якимсь зовнішнім незалежним процесом.

Залежно від кількості регульованих величин системи можуть бути одновимірними (одна регульована величина) або багатовимірними (декілька регульованих величин).

СУО умовно можна розділити на два основні класи: локальні і централізовані.

Для локальних систем характерне управління тільки однією групою світильників, тоді як централізовані системи допускають підключення практично нескінченного числа окремо керованих груп світильників.

У свою чергу, по охоплюваній сфері управління локальні системи можуть бути розділені на «системи управління світильниками» і «системи управління освітленням приміщень», а централізовані – на спеціалізовані (лише для управління освітленням) і загального призначення (для управління усіма інженерними системами будівлі опалюванням, кондиціонуванням, пожежною і охоронною сигналізацією і так далі).

Локальні «системи управління світильниками» у більшості випадків не вимагають додаткової проводки, а іноді навіть скорочують необхідність в прокладенні дротів. Конструктивно вони виконуються в малогабаритних корпусах, які закріплюються безпосередньо на світильнику або на колбі в одній з ламп. Усі датчики, як правило, складають один електронний прилад, у свою чергу, вбудований в корпус самої системи. Часто світильники, обладнані датчиками, обмінюються між собою інформацією. За рахунок цього навіть у разі, якщо у будівлі залишилася єдина людина, світильники, що знаходяться на його шляху, залишаються включеними.

Централізовані системи управління освітленням, які якнайповніше відповідають назві «інтелектуальних», будуються на основі мікропроцесорів, які забезпечують можливість практично одночасного багатоваріантного управління значним (до декількох сотень) числом світильників. Такі системи можуть застосовуватися або тільки для управління освітленням, а також для 14 взаємодії з іншими системами будівель (наприклад, з телефонною мережею, системами безпеки, вентиляції, опалюванням.)

Централізовані системи видають сигнали, що управляють, на світильники по сигналах локальних датчиків. Проте перетворення сигналів відбувається в єдиному (центральному) вузлі, який надає додаткові можливості вручну управляти освітленням будівлі. Одночасно істотно спрощується ручна зміна алгоритму роботи системи.

Таким чином, асортимент автоматизованих систем управління освітленням (СУО) ділиться на:

- 1) СУО світильника – проста малогабаритна система, яка конструктивно є частиною світильника і управляє одним або групою сусідніх світильників.

2) СУО приміщення – самостійна система, яка управляє однією або декількома групами світильників в одному або декількох приміщеннях.

3) СУО будівлі – централізована комп'ютеризована система управління, яке охоплює освітлення і інші системи цілої будівлі або групи будівель.

Безумовною перевагою СУО світильників є простота їх монтажу і експлуатації, а також надійність.

Проте якщо вимагається управляти ОУ великих приміщень або, наприклад, постає завдання індивідуального управління усіма світильниками в приміщенні, СУО світильників виявляються досить дорогим засобом управління, оскільки вимагають установки однієї СУО на один світильник. В цьому випадку зручніше використати СУО приміщень, які містять менше електронних компонентів, чим вимагається у попередньому випадку, і тому дешевші.

СУО приміщень є блоками, які розміщуються за підвісними стелями або конструктивно вбудовані в розподільні щити. Системи цього типу, як правило, здійснюють одну функцію або фіксований набір функцій, вибір між якими робиться перестановкою перемикачів на корпусі або виносному пульті управління системи. Подібні СУО відносно прості у виготовленні і зазвичай побудовані на дискретних логічних мікросхемах.

Датчики СУО приміщень завжди є виносними, вони мають бути розміщені в приміщенні з керованими ОУ і до них потрібна спеціальна проводка, що є деяким практичним недоліком.

Сучасні облаштування автоматичного управління освітленням поєднують в собі мікропроцесорні програматори періодичності і тривалості світлового режиму, регулятори тиристорів освітленості з функцією «світанок – сутінки» і вбудовану систему захисту ОУ.

Методами безпосереднього управління ОУ є дискретне включення/відключення усіх або частини світильників по командах сигналів, які управляють, а також ступінчасте або плавне зниження потужності освітлення залежно від цих сигналів. Залежно від характеру електричних сигналів системи можуть бути: –безперервними з гармонійними сигналами; –дискретні (релейні, імпульсні, цифрові).

Управління освітлювальним навантаженням здійснюється при цьому двома основними способами: 1) – плавною зміною потужності ламп в світильниках (однаково для усіх або індивідуально); – відключенням усіх або частини світильників (дискретне управління).

До систем дискретного управління освітленням в першу чергу відносяться різні фотореле (фотоавтомати) і таймери.

Принцип дії фотореле ґрунтовано на включенні і відключенні навантаження по сигналах датчика зовнішньої природної освітленості.

Таймери здійснюють комутацію освітлювального навантаження залежно від часу доби за заздалегідь закладеною програмою.

До систем дискретного управління освітленням відносяться також автомати, що оснащені датчиками присутності. Вони відключають світильники в приміщенні через заданий проміжок часу після того, як з нього виходить остання людина.

Все більш широке застосування знаходять системи автоматичного керування включенням, відключенням світильників і автоматичного регулювання освітленості, а також енергоекономічних джерела світла. Зарубіжний досвід свідчить, що автоматизація освітлення дозволяє знизити енергоспоживання на 30–50%.

#### **1.4 Порівняння ефективності різних типів джерел освітлення**

В даний час випускаються різні джерела світла, характеристики яких наведені в таблиці 1.1. З наведених даних видно, що лампи розжарювання за своєю ефективністю в 2 і більше разів нижче, ніж інші. Можливість економії енергії визначається вибором джерел світла. З появою електронних пускорегулювальних апаратів (ЕПРА) виникла можливість створення більш енергоекономічних світильників з компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ).

Скорочення витрат електроенергії і підвищення ККД лампи відбувається в результаті підвищення напруги живлення частотою 20 кГц; багаторазове збільшення світловіддачі поверхні освітлювального приладу дозволяє зменшити його габарити. Термін служби лампи досягає 9000 годин. Компактна лампа потужністю 10

Вт забезпечує таку ж освітленість, що і звичайна лампа розжарювання потужністю 50 Вт. Термін окупності КЛЛ становить 1–2 роки. Крім заміни джерел світла, є й інші способи підвищення економії енергії при використанні освітлювальних установок.

Економія електроенергії залежить від поєднання і розміщення джерел світла і світильників. Використання однієї більш потужної лампи розжарювання або люмінесцентної дозволяє зменшити споживання енергії без зниження освітленості.

Досягнути значної економії електроенергії можна при розумному поєднанні загального і локального (місцевого) освітлення на робочому місці.

Таблиця 1.1 – Характеристика джерел освітлення

Тип джерела світла	Маркування	Світловіддача, лм / Вт	Термін служби, год
Лампи розжарювання	ЛР	8-18	1 000
Галогенні лампи розжарювання	КГ	16-24	2000
Ртутно-вольфрамові лампи	РВЛ	20-28	6000
Ртутні лампи високого тиску	ДРЛ	36-54	12000
Натрієві лампи високого тиску	ДНаТ	90-120	12000
Люмінесцентні лампи низького тиску	ЛБ	60-80	10000
Компактні люмінесцентні лампи	КЛЛ	60-70	9000
Натрієві лампи низького тиску	ДНаО	120-180	12000
Світлодіодні лампи	СЛ	60-100	50000

Добре передбачити можливість включення частини ламп в світильниках, автоматичного відключення освітлення при виході з кімнати, використовувати сучасні енергозберігаючі лампи. Серед великої кількості випущених світильників економічність енергозбереження досить часто випадає з поля зору конструкторів. Витрата електроенергії на освітлення може бути скорочений на 10–25% за рахунок заміни

ламп розжарювання люмінесцентними лампами, раціонального освітлення в квартирах і правильної експлуатації світильників.

Ефективним є пакетний спосіб розміщення світильників замість лінійного способу. При лінійному – освітлювальна арматура розташовується у вигляді окремих ліній, а при пакетному – над робочим місцем у своєму розпорядженні кілька світильників. Практика показала, що один і той же рівень освітленості робочого місця при пакетному способі підтримується в 2 рази меншим числом світильників. Використання комбінованого загального і місцевого освітлення, штучного і природного освітлення дозволяє зменшити споживання електроенергії. Згідно з обмеженнями по дискомфорту освітлення можна використовувати тільки місцеве освітлення робочих місць. Воно повинно обов'язково доповнено загальним зі зниженою освітленістю. Регулярна протирання скління дозволяє знижувати тривалість горіння ламп при двозмінній роботі підприємства на 15% в зимовий час і на 90% – в літній. Правильний вибір типу світильника, потужності і місця його установки дозволяє економити 40–50% витрачається на освітлення електроенергії [8].

Більш економічними джерелами світла є люмінесцентні лампи. Вони володіють сприятливим світлом випромінювання. Люмінесцентне освітлення створює сприятливі умови для відпочинку, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці. За кольоровості випромінювання люмінесцентні лампи діляться на:

- 1) лампи білого світла (ЛБ);
- 2) лампи денного світла (ЛД);
- 3) лампи денного світла з виправленою кольоровістю (ЛДЦ);
- 4) лампи холодно-білого світла (ЛХБ);
- 5) лампи тепло-білого світла (ЛТБ), які мають явно виражений
- 6) рожевий відтінок.

Найбільш економічними і універсальними є лампи білого світла (ЛБ). Вони забезпечують значно кращу передачу кольору, ніж лампи розжарювання і по кольоровості відтворюють приблизно сонячний світло, відбите хмарами.

Застосування ламп ЛБ доцільно в дитячих кімнатах для підготовки шкільних завдань і при креслярських роботах.

До найважливіших характеристик люмінесцентних ламп слід віднести те, що світловий потік їх більше, ніж ламп розжарювання. Термін служби люмінесцентних ламп становить 5000 год.

Економії електроенергії також сприяє установка в кімнатах подвійних вимикачів.

Це дозволяє при необхідності включати люстри повністю або частково.

Настільна лампа з лампочкою 30 Вт дозволяє досягти кращої освітленості на столі, ніж люстра з 3–5 лампочками потужністю 180–300 Вт. Подвійний вигреш зору і енергії. З точки зору енергозбереження хороший прилад плавного включення світла. Лампи КЛЛ (компактні люмінесцентні лампи) споживають електроенергії в 67 разів менше в порівнянні з лампами розжарювання при однаковій освітленості. Єдиний у своєму роді в республіці Брестський електроламповий завод випускає компактні люмінесцентні лампи, які споживають електроенергії в шість разів менше, а безперервно горять у вісім разів довше (8000 годин) звичайних.

При висвітленні сходових майданчиків і коридорів, в будинках встановлюються реле часу або автоматичні вимикачі з витримкою часу. Від контролю за справною роботою цих пристроїв з боку будинкоуправління і мешканців значною мірою залежатимуть економну витрату електроенергії в місцях загального користування.

Переваги, якими володіє світловипромінювальних діод (СВД) в порівнянні з традиційними лампами, дозволяють з упевненістю стверджувати, що поява нових типів освітлювальних приладів на основі СІД стане революційним технологічним проривом у світлотехніку.

Вперше світлодіоди стали використовуватися в промисловій продукції за часів СРСР в кінці 60–х – початку 70–х рр. Тоді вони не мали необхідної для освітлювальних приладів світловіддачею, ресурс їх був невеликий, і світили вони не білим кольором, як потрібно, а червоним або якимось іншим. Все впиралося в матеріали. У 90–х рр. зі зрозумілих причин робота над створенням світловипромінювальних діодів була припинена.

У світі ж, навпаки, подібні роботи велися наростаючими темпами, і був створений новий матеріал – нітрид галію на сапфірі, що дозволив досягти світіння білого кольору. Особливо в цьому плані досягла успіху японська компанія Nichia і її колеги–конкуренти з інших супутніх фірм, які розробили п'ять технологічних блоків процесу виготовлення світильників:

- 1) зростання кристалів сапфіру за методом Кіропулоса;
- 2) механічну обробку кристалів сапфіру, в т.ч. різання, шліфування й полірування пластин до 14 класу;
- 3) епітаксіальне нарощування нітриду галію на полірованих підкладках сапфіра методом газотранспортних реакцій;
- 4) виготовлення на епітаксійних структурах методом електронної літографії чіпів світлодіодів;
- 5) складальне виробництво (корпусування) світлодіодів.

В даний час в світі кристали світлодіодів поставлені на масове виробництво, і щорічно загальносвітової приріст обсягів їх випуску збільшується на 30–40%. За результатами 2008 р, світовий ринок світлодіодів досяг 25–30 млрд дол.

В даний час розроблена ціла серія освітлювальних приладів, в т.ч. ідентичних по цоколю лампам розжарювання потужністю від 40 до 100 Вт, з енергоспоживанням 4–10 Вт. Значно розширені сфери, в яких можуть бути використані прилади. Фактично мова йде про можливу заміну існуючих ламп розжарювання і люмінесцентних ламп світильниками на СІД.

Можна відзначити основні переваги ламп на світлодіодах:

- 1) низьке енергоспоживання – в 10 разів нижче, ніж у звичайної лампи розжарювання, і на 20–25% нижче, ніж у енергозберігаючої люмінесцентної лампи;
- 2) лампи на світлодіодах не вимагають особливої системи прийому, адже вони, на відміну від люмінесцентних ламп, екологічно нешкідливі. Світлодіод не представляє шкоди для екології, його розміри відносно малі;
- 3) пожежо- і вибухобезпечність;
- 4) повна колірна гамма випромінювання;

5) високий ККД. Сучасні світлодіоди трохи поступаються за цим параметром тільки натрієвих газорозрядних ламп. Однак натрієві лампи непридатні для освітлення житлових приміщень через низьку якість світла;

6) висока механічна міцність, вібростійкість (відсутність нитки розжарювання і інших чутливих складових);

7) великий термін роботи – до 100 тис. Ч. Але і він не нескінченний – при тривалій роботі і / або поганому охолодженні відбувається «отруєння» кристала і поступове падіння яскравості;

8) спектр сучасних люмінофорних діодів аналогічний спектру люмінесцентних ламп, які давно використовуються в побуті. Схожість спектра обумовлена тим, що в цих світлодіодах також використовується люмінофор, що перетворює ультрафіолетове або синє випромінювання в видиме з хорошим спектром;

9) мала інерційність;

10) малий кут випромінювання – також може бути як гідністю, так і недоліком;

11) безпека – не потрібні високі напруги;

12) нечутливість до низьких і дуже низьких температур. Однак, високі температури протипоказані світлодіоду, як і будь-яким напівпровідників.

Недоліки ламп на світлодіодах:

1) висока ціна. Співвідношення ціна/люмен у світлодіодів в 50 – 100 разів більше, ніж у звичайної лампи розжарювання;

2) низька гранична температура. Потужні освітлювальні світлодіоди вимагають зовнішнього радіатора для охолодження, тому що мають несприятливе співвідношення своїх розмірів до виділеної теплової потужності (вони занадто дрібні) і не можуть розсіяти стільки тепла, скільки виділяють (незважаючи навіть на більш високий ККД, ніж у ламп розжарювання). Освітлювальний світлодіод потужністю 10 Ватт вимагає пасивний радіатор розміром як у мікропроцесора Pentium 4 без вентилятора. Такий великий радіатор не тільки здорожує конструкцію, але і може бути вписаний в формат побутових освітлювальних приладів;

3) для живлення світлодіода від мережі живлення необхідний низьковольтне джерело живлення постійного струму, теж з радіатором, що додатково збільшує обсяг світильника, а його наявність додатково знижує загальну надійність і потребує додаткового захисту. Тому багато розробників обмежуються випрямлячем, а світлодіоди включають послідовно;

4) високий коефіцієнт пульсацій світлового потоку при харчуванні безпосередньо від мережі промислової частоти без згладжує конденсатора, при його наявності пульсації малі;

5) дешеві масові LED мають світловіддачу 60–100 лм / Вт;

6) спектр відрізняється від сонячного.

З точки зору організації енергозберігаючої системи освітлення, категорії будівель можна умовно розділити на три категорії [9–12]:

1) багатоквартирні житлові будинки,

2) офісні, виробничі і торговельні будівлі,

3) приватні житлові будинки (котеджі).

Для кожної з цих категорій можна розробити типову схему побудови системи енергозберігаючого світлодіодного освітлення, організовану з пристроїв запропонованого комплексу, що дозволяє досягти необхідних параметрів освітлення і енергоефективності з мінімальними витратами за вартістю обладнання та монтажних робіт.

Базовим елементом системи енергозберігаючого світлодіодного освітлення служать світлодіодні світильники, керовані по дротових або бездротових лініях зв'язку за допомогою керуючих програм і панелей локального управління, з використанням ретрансляторів або модемів стільникового зв'язку, або інтернет.

## **1.5 Висновки до 1 розділу**

Проведено аналіз сучасних типів виробництва, виявлені потреби до засобів автоматизації. Розглянуті такі типи автоматизації як:

– інформаційні технології (ІТ);

- автоматизоване виробництво (CAM);
- устаткування з числовим програмним управлінням (NC);
- роботи;
- гнучкі виробничі системи (FMS);
- комп'ютерне інтегроване виробництво (CIM).

Виявлено фактори, що впливають на доцільність використання тих чи інших засобів автоматизації. Проведено аналіз сучасних систем освітлення та систем управління освітленням. Були порівняні різні типи джерел освітлення, виявлені їх переваги та недоліки.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 2.1 Огляд існуючих джерел альтернативного енергозабезпечення

Існуючі на сьогодні джерела енергії поділяють на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять корисні копалини – нафту, газ, вугілля. Їх найбільший недолік полягає в тому, що це – непоправні запаси. У цьому полягає перший фактор, який призводить до розуміння необхідності використання інших енергоносіїв. Рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком більш актуальною.

Другим фактором, а за значимістю, можливо, і першим, є вплив на екологію планети. Викиди парникових газів, які утворюються при спалюванні корисних копалин, порушують кліматичний баланс. Наслідки зміни клімату в останнє десятиліття стають все відчутніше. Пролівні дощі і урагани, сніг посеред весни, періоди тривалої посухи, повені, торнадо і інші природні явища виникають все частіше, і управляти ними ми не можемо. Єдиний доступний людям спосіб знизити темпи зміни клімату – це перехід на більш екологічно чисті джерела енергії, до яких належать поновлювані, або альтернативні: сонце, вітер, вода, біогаз та інші.

Виходом із ситуації перманентної нафтогазової кризи бачиться використання альтернативних видів енергії.

Альтернативні джерела енергії – це природні явища, які шляхом перетворення в спеціальних установках перетворюються в теплову або електричну енергію. До них відносять:

- сонячне електромагнітне випромінювання;
- кінетичну енергію руху повітряних мас (вітер);
- кінетичну енергію водного потоку (річки);
- енергію морських припливів і відливів;
- теплову енергію гарячих джерел.

До альтернативної енергетиці відносять також отримання тепла в процесі спалювання поновлюваного палива – біогазу, біоетанолу, паливних пелет та ін.

Розглянемо основні характеристики альтернативних видів енергії [13]:

– сонячна енергетика. Сонячні електростанції і сонячні колектори використовують енергію світлового потоку, яка природним шляхом потрапляє на фотоелементи і перетворюється в електричну енергію, або теплову енергію для нагрівання рідини (води). Головний плюс – екологічність і повна відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Основний недолік – нерівномірність одержуваної потужності протягом доби або інших тимчасових періодів. Вночі, в похмуру або дощову погоду вироблення електроенергії припиняється. У ясні погожі дні кількість виробленої електроенергії перевищує потреби енергоспоживачів, тому виникає необхідність в акумуляторах. Їх ціна значно підвищує собівартість виробленого кВт / год.

– вітрова енергетика. Альтернативна енергія вітру використовується людством здавна, чому прикладом можуть послужити вітряки. Їх сучасний прообраз – вітрова енергетична установка – використовує перетворення кінетичної енергії рухомих повітряних мас в електричну енергію. Кілька десятків вітрогенераторів, об'єднані в одну мережу, утворюють вітрову електростанцію.

Це один з найбільш дешевих видів альтернативної енергетики. Його великим недоліком є наявність шуму, виробленого вітровою установкою. Побічним негативним ефектом можна також вважати загибель перелітних птахів, які потрапляють в лопаті генератора.

– гідроенергетика. Рухомий водяний потік як альтернативне джерело енергії використовується в декількох видах генераторів. Одні з них встановлюються на річках і працюють за рахунок природного перебігу (міні – ГЕС), інші "налаштовані" на роботу з океанічними або морськими приливами, треті працюють на енергії морських хвиль. Останній тип поки знаходиться в процесі випробувань, а перші два давно пройшли етап тестування і працюють.

Плюсом гідроенергетики є екологічна чистота, недоліком – висока вартість обладнання і обмеженість можливих місць установки.

біопаливо як альтернативне джерело енергії. Під біопаливом розуміють будь-який вид палива, що отримується з рослинної сировини, відходів тваринництва, органічних відходів промисловості і життєдіяльності людини. Звичайні дрова теж є біопаливом, відновлюваним джерелом теплової енергії. Правда, на відновлення його запасів буде потрібно кілька десятків років.

У промисловому виробництві біопалива як альтернативного виду енергії використовують як спеціально вирощувані культури, так і відходи сільськогосподарського виробництва.

До числа відомих на сьогодні видів біопалива відносять:

- а) паливні пелети і брикети;
- б) біоетанол, біобензин і біодизель;
- в) біогаз.

Для виробництва твердих видів біопалива використовують відходи деревообробної промисловості, а також спеціально вирощується сировина – енергетичну деревину. Плюсом в даному випадку є відносна дешевизна одержуваного продукту, мінусом – досить тривалий термін відновлення / вирощування вихідної сировини.

Виробництво рідких видів біопалива засноване на переробці сільськогосподарських культур і тваринних жирів. У різних країнах використовують різні види рослинності: цукрова тростина, рапс, сою, кукурудзу і т.д.

альтернативна енергія біогазу. В Україні активно розвивається альтернативна енергетика на базі переробки відходів сільського господарства. Біогаз виходить в результаті зброджування рослинної сировини. Він нічим не відрізняється за складом від природного метану, і застосовується для теплових і енергетичних установок.

Біогаз один з найперспективніших видів альтернативного палива. Його виробництво не тільки не вимагає вирощування чи іншої підготовки вихідного матеріалу, а й дозволяє позбавлятися від відходів, тим самим знижуючи екологічне навантаження на навколишнє середовище.

В Україні отримання палива в біогазових установках стає трендом. За обсягами ринку цей напрям займає третє місце після сонячної і вітрової енергетики[14].

У наш час тема розвитку альтернативних способів отримання енергії надзвичайно актуальна. Традиційні джерела стрімко вичерпуються і вже через якихось п'ятдесят років можуть бути вичерпані. І вже зараз енергетичні ресурси досить дорогі і в значній мірі впливають на економіку багатьох держав. Все це змушує людей шукати нові способи отримання енергії. І одним з найбільш перспективних напрямків є отримання сонячної енергії.

За підрахунками вчених, людство потребує десятки мільярдів тонн палива. Якщо вирахувати кількість таких умовних тонн, які надаються Сонцем протягом року, ми отримаємо фантастичну суму близько ста трильйонів тонн. Таким чином, люди отримують кількість енергії, що перевищує необхідні ресурси в десять разів. Потрібно тільки взяти це енергетичне багатство. Ось це питання і є вкрай актуальним для науки.

Поновлювані джерела енергії важливі не тільки з точки зору диверсифікації технологічної бази електрогенерації. Сьогодні світова спільнота відчуває серйозну заклопотаність з приводу глобальної зміни клімату.

Світові енергетичні потреби щорічно зростають на 1.3% і до 2030 р збільшаться на 40% в 8 порівнянні з 2005 р 40% цього зростання припаде на енергогенеруючий сектор. Відповідно, викиди вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), пов'язані з сектором енергетики, теж зростуть.

Актуальність сонячної енергетики стає дедалі більше, тому що сонячна енергія є екологічно чистою. Друга причина актуальності використання сонячної енергії полягає в її ресурсоємності.

Всього за 9 хвилин Земля отримує більше енергії від Сонця, ніж людство виробляє за весь рік. Ця енергія постачається безкоштовно і не впливає на навколишнє середовище безпосередньо у вашій квартирі.

Під сонячною енергією зазвичай розуміють перетворення сонячного випромінювання в тепло. Сонячна енергія використовується для отримання гарячої води і може підтримувати опалення. Тепло може дуже добре зберігатися і бути доступним протягом кількох днів. Системи по перетворенню сонячної енергії використовуються для опалення, а також нагрівають питну воду.

Сонячна енергія є сферою значних інвестицій в умовах зниження запасів нафти і газу. Сонячна енергія сприяє збільшенню світового споживання і зростання цін на викопне паливо.

Теплові насоси використовуються для забезпечення циркуляції енергії в навколишньому середовищі. Холодоагент використовується для виробництва тепла. Ці компоненти прекрасно поєднуються в установці з виробництва сонячної енергії.

Експлуатаційні витрати на сонячну енергетику для систем опалення є низькими, у порівнянні з порівнянними системами без використання сонячної енергії.

Важливою перевагою систем сонячної фотоенергетики є відсутність викидів вуглекислого газу в процесі роботи систем. Хоча непрямі викиди присутні на інших стадіях життєвого циклу системи, фотоелектричні технології генерують набагато менше викидів на ГВт енергії, що виробляється на протязі всього життєвого циклу, ніж технології, що використовують традиційні види палива. Як мінімум 89% викидів, пов'язаних з виробництвом енергії, можна було б запобігти, замінивши традиційні джерела енергії фотоелектричними [15].

Результатом багаторічної роботи є поява такого пристрою як сонячна батарея.

## **2.2 Принцип роботи сонячної панелі**

Сонячна батарея являє собою фотоелектричний генератор постійного струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії в електричну. У сонячних батареях використано властивість напівпровідників на основі кристалів кремнію (а саме, фотоефект в р–п переході). Кванти світла, потрапляючи на пластину напівпровідника, вибивають електрон із зовнішньої орбіти атома даного хімічного елемента, що створює достатню кількість вільних електронів для виникнення електричного струму. Однак для того, щоб напруги і потужності такого джерела було досить для застосування в господарських цілях, одного або двох кремнієвих елементів недостатньо. Тому їх збирають в цілі панелі, де з'єднують паралельно або послідовно. При цьому площа таких панелей може становити від декількох квадратних сантиметрів до кількох квадратних метрів. Збільшуючи кількість панелей можна

домогтися більшої виробленої потужності сонячною батареєю. Сонячні елементи в модулях, встановлених на даху будинку або будь-якого іншого будівлі, перетворюють сонячне світло безпосередньо в постійний струм. Компонент, який називається інвертор, перетворює цю силу постійного струму в змінний струм, який може бути використаний за призначенням.

Сонячна батарея виробляє найбільше енергії тоді, коли вона розгорнута всією площиною до падаючого сонячного світла і промені сонця падають на її поверхню прямо. Однак такий стан в просторі не є єдино можливим. Навіть якщо панель сонячної батареї знаходиться під кутом в 45 градусів до падаючих сонячних променів, батарея отримує 71% всієї енергії на одиницю площі в порівнянні з ідеальною орієнтацією панелі. А зміщення в 15 градусів щодо ідеальної позиції практично не позначається на результаті. Сонячні батареї слід розміщувати в тих місцях, де вони отримують найбільшу кількість сонячного світла в середньому в день і в середньому за рік. Їх слід ретельно закріпити з ем, щоб при сильному вітрі вони не втратили орієнтацію або не вирвався з кріплень. Один з найбільш широко використовуваних способів – кріплення сонячної батареї (однієї або кілька) безпосередньо на крутому схилі даху, зверненому на південь. Прикладом може виступати сонячна батарея (з акумуляторами) і комутація з мережею (рис 2.1).



Рисунок 2.1 – Сонячна батарея (з акумуляторами) і комутація з мережею.

АВР дозволяє перемкнути живлення об'єкту за відсутності сонця і повному розряді акумуляторів на електромережу. Ця ж схема може використовуватися і навпаки сонячна батарея, як резервне джерело живлення. В цьому випадку АВР перемикає вас на акумуляторні батареї при втраті живлення від електромережі.

Електрична схема (рис. 2.2), що отримала назву модель одного діода, відображає елемент сонячної батареї. Дана модель складається з генератора струму, паралельно якому підключені діод і шунтувальний резистор  $R_{sh}$  (паралельне опір). Крім них до одного з висновків генератора струму підключено послідовний опір  $R_s$  (серієсний резистор).

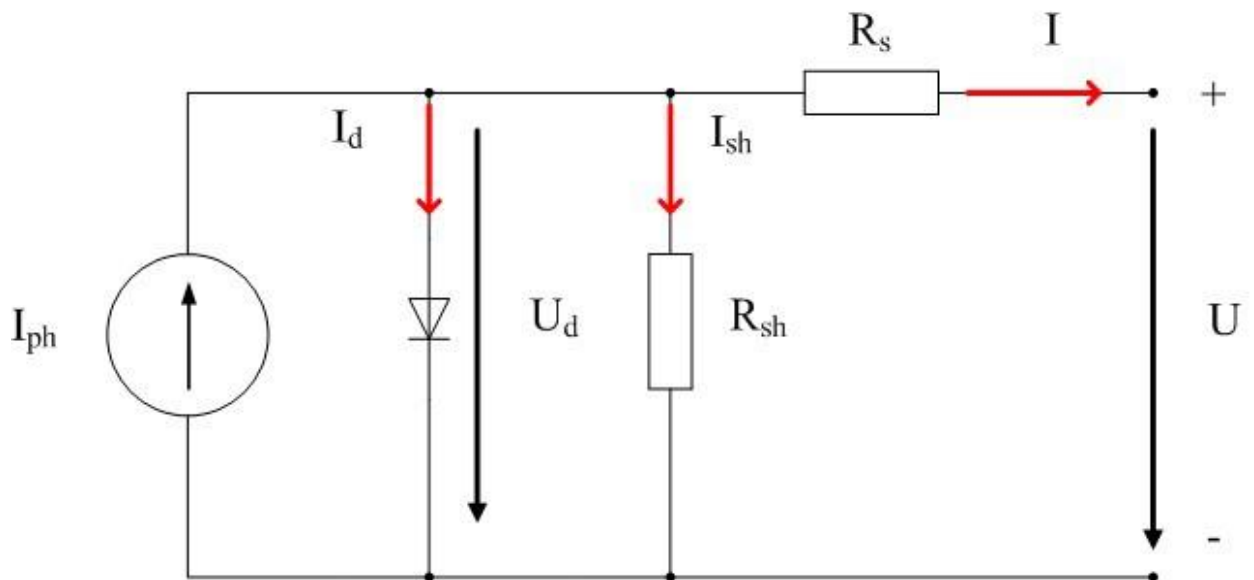


Рисунок 2.2 – Електрична модель (схема заміщення) сонячної батареї

Елементи схеми заміщення (рис. 2.2):

$I_{ph}$  фотогенеріруємий ток [А];

$I_d$  діодний ток [А];

$u_d$  діодна напруга [В];

$I$  вихідний струм [А];

$U$  напруга на клеммах [В];

$I_{sh}$  шунтуючий ток [А];

$R_{sh}$  - паралельне опір [Ом];

$R_s$  – послідовний опір [А].

## 2. 3 Технічні характеристики сонячних батарей

Переваги сонячної енергії:

– відновлюваність. Говорячи про сонячної енергії, в першу чергу, необхідно згадати, що це поновлюване джерело енергії, на відміну від викопних видів палива – вугілля, нафти, газу, які не відновлюються. За даними NASA ще близько 6.5 млрд. Років жителям Землі нема про що турбуватися приблизно стільки Сонце буде зігрівати нашу планету своїми променями до тих пір, поки не вибухне.

– розповсюдженість. Потенціал сонячної енергії величезний поверхня Землі опромінюється 120 тис. Тераваттами сонячного світла, а це в 20 тис. Разів перевищує загальносвітову потребу в ній.

– сталість. Крім того, солярна енергія невичерпна і постійна – її не можна перевитрати в процесі задоволення потреб людства в енергоносіях, так що її вистачить в надлишку і на частку майбутніх поколінь.

– доступність. Крім інших достоїнств сонячної енергії, вона доступна в кожній точці світу – не тільки в екваторіальній зоні Землі, але і в північних широтах. Скажімо, Німеччина на даний момент займає перше місце в світі по використанню енергії сонця і має максимальний її потенціалом.

– екологічна чистота. У світлі останніх тенденцій в боротьбі за екологічну чистоту Землі, сонячна енергетика – це найбільш перспективна галузь, яка частково заміняє енергію, одержувану від невідновлюваних паливних ресурсів і, тим самим, виступає важливим етапом на шляху захисту клімату від глобального потепління. Виробництво, транспортування, монтаж і використання сонячних електростанцій практично не супроводжується шкідливими викидами в атмосферу. Навіть якщо вони і присутні в незначній мірі, то в порівнянні з традиційними джерелами енергії – це майже що нульове вплив на навколишнє середовище.

– безшумність. За рахунок того, що в системах на сонячному ресурсі немає ніяких рухомих вузлів, як, наприклад, в генераторах, вироблення електроенергії відбувається безшумно.

– економічність, низькі експлуатаційні витрати. Перейшовши на сонячні батареї в якості автономного джерела енергії, власники частих будинків отримують відчутну економію. Важливо й те, що обслуговування систем енергопостачання на сонячних батареях характеризується низькими витратами – необхідно лише кілька разів на рік піддавати чищенню сонячні елементи, а гарантія виробника на них, як правило, становить 20-25 років.

– велика область застосування. Сонячна енергія володіє широким спектром додатків – це і вироблення електроенергії в регіонах, де відсутня підключення до централізованої системи електропостачання, і опріснення води в Африці, і навіть постачання енергією супутників на навколораземній орбіті. Недаремно сонячну енергію останнім часом називають "народною" – це назва відображає простоту її інтегрування в систему електропостачання будинку, як у випадку з фотоелектричними, так і з тепловими елементами.

– інноваційні технології. З кожним роком технології в сфері виробництва сонячних батарей стають все більш досконалими – тонкоплівкові модулі вводяться безпосередньо в будівельні матеріали ще на етапі зведення споруд. Японський концерн Sharp – лідер у виробництві сонячних панелей, недавно запровадив інноваційну систему прозорих накопичувальних елементів для віконного скління. Сучасні досягнення в області нанотехнологій і квантової фізики дозволяють говорити про можливе збільшення потужності сонячних панелей в 3 рази.

Недоліки сонячних джерел енергії:

– висока вартість. Існує думка, що сонячна енергія відноситься до розряду дорогого ресурсу – це, мабуть, найбільш спірне питання з усіх позитивних і негативних аспектів її використання. За рахунок того, що облаштування будинку сонячними накопичувальними елементами обходиться в чималу суму на початковому етапі, багато держав (але поки не Росія) заохочують використання даного

екологічно чистого джерела енергії шляхом видачі кредитів і оформлення договорів про лізинг.

– мінливість. За рахунок того, що сонячне світло відсутня в нічний час, а також в похмурі і дощові дні, сонячна енергія не може служити основним джерелом електроенергії. Але, в порівнянні з вітрогенераторами, це, все-таки, більш стабільний варіант.

– висока вартість акумулювання енергії. Акумуляторні батареї, що дозволяють накопичувати енергію і згладжувати, в якійсь мірі, нестабільність надходження сонячної енергії, відрізняє висока ціна, доступна не кожному домовласникові. Спрощує ситуацію той факт, що пік споживання електроенергії припадає якраз на світлий час доби.

– незначне забруднення навколишнього середовища. Незважаючи на те, що в порівнянні з виробництвом і переробкою інших видів енергоресурсів сонячна енергія найбільш дружня до природного середовища, деякі технологічні процеси виготовлення сонячних панелей супроводжуються викидом парникових газів, трифторида азоту і гексафториду сірки.

– застосування дорогих і рідкісних компонентів. Випуск тонкоплівкових сонячних панелей вимагає введення телуриду кадмію (CdTe) або селеніду міді індію галію (CIGS), які є рідкісними і дорогими – це тягне за собою подорожчання системи альтернативного енергопостачання в цілому.

– мала щільність потужності. Одним з важливих параметрів джерела електроенергії виступає середня щільність потужності, яка вимірюється в Вт / м<sup>2</sup> і характеризує кількість енергії, яку можна отримати з одиниці площі енергоносія. Даний показник для сонячного випромінювання становить 170 Вт / м<sup>2</sup> – це більше, ніж у інших поновлюваних природних ресурсів, але нижче, ніж у нафти, газу, вугілля і в атомній енергетиці. З цієї причини, для вироблення 1 кВт електроенергії з сонячного тепла потрібна значна площа сонячних панелей.

## 2.4 Розрахунок сонячної енергії

Для розрахунку енергії, що виробляє сонячна батарея потрібно виконати наступні кроки:

– вибір компонування СЕС (сонячної електростанції) завжди починаємо з визначення навантаження споживача. Необхідно розрахувати споживання енергії в світлий час доби, в темну пору, максимальне навантаження споживача і пікові значення потужності (для обладнання з двигунами).

Розрахунок споживаної енергії виробляється шляхом підсумовування твори встановленої потужності електроприладу на час його роботи.

Споживання енергії визначається як сума потужностей всіх електроприладів, помножених на час роботи за (2.1) (розрахунок проводимо окремо для світлого і темного часу доби).

$$E_{\text{спож}} = \sum P_{\text{прист}} \cdot t_{\text{роб}}, \quad (2.1)$$

де  $E_{\text{спож}}$  – споживання енергії;

$P_{\text{прист}}$  – потужність електроприладів;

$t_{\text{роб}}$  – час роботи;

$P_{\text{max}}$  визначається як сума потужностей електроприладів, що працюють одночасно, а додатково враховує пікові струми, що виникають під час пуску електродвигунів.

– вибір інвертора проводиться за двома критеріями: номінальної потужності і пікової потужності, яку інвертор може витримати протягом декількох секунд.

– сумарна енергія навантаження на стороні постійного струму інвертора буде відрізнятись від споживаної (2.2). Це пов'язано з втратою енергії на перетворення постійного струму в змінний:

$$E_{\text{нав}} = \frac{E_{\text{спож}}}{\eta_{\text{інв}}}, \quad (2.2)$$

де  $E_{\text{нав}}$  – енергія навантаження;

$E_{\text{спож}}$  – енергія споживання;

$\eta_{\text{інв}}$  – ККД інвертора.

– визначення мінімально необхідної потужності сонячних установок виробляємо за такою формулою (2.3):

$$N_{\Sigma} = \frac{E_{\text{пот}}}{T_{\text{сд}}}, \quad (2.3)$$

де  $N_{\Sigma}$  – мінімальна необхідна потужність сонячних установок;

$T_{\text{сд}}$  – тривалість світлового дня;

$E_{\text{пот}}$  – кількість електроенергії, яку необхідно отримувати від сонячних панелей;

Це досить умовний параметр. Треба розуміти, що тривалість світлового дня – це не час від сходу сонця до заходу, а час активної роботи сонячної панелі на максимальну потужність при високих парафіях сонячного випромінювання. Залежить в основному від хмарності і пори року. Варіюється в межах від 1 до 10, а  $E_{\text{пот}}$  – кількість електроенергії, яку необхідно отримувати від сонячних панелей, визначається за такою формулою (2.4):

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{акб}}^{\text{зар}} + E_{\text{нав}}^{\text{ден}}, \quad (2.4)$$

де  $E_{\text{акб}}^{\text{зар}}$  – енергія заряду акумуляторної батареї;

$E_{\text{нав}}^{\text{ден}}$  – денне навантаження;

– для забезпечення споживача енергією протягом ночі, необхідно встановлювати АКБ (акумуляторні батареї), загальною місткістю не менше:

$$E_{\text{акб}}^{\text{роз}} = \frac{E_{\text{нав}}^{\text{ніч}}}{\alpha},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що показує глибину розряду для АКБ (максимальна кількість енергії, яке може забезпечити батарея при нормальному режимі роботи).

$E_{\text{акб}}^{\text{роз}}$  – енергія розряду акумулятору;

$E_{\text{нав}}^{\text{ніч}}$  – нічне навантаження

акумуляторні батареї також мають втрати при заряді-розряді.

$$E_{\text{акб}}^{\text{зар}} = \frac{E_{\text{акб}}^{\text{роз}}}{\eta_{\text{акб}}},$$

де  $\eta_{\text{акб}}$  – ККД заряду-розряду АКБ;

$E_{\text{акб}}^{\text{зар}}$  – енергія заряду акумулятору;

$E_{\text{акб}}^{\text{роз}}$  – енергія розряду акумулятору;

– далі, визначивши кількість і тип сонячних панелей, приступаємо до вибору контролера. При цьому струм від сонячних панелей не повинен перевищувати допустимого значення, на яке розрахований контролер. Для кожної з панелей, значення струму визначається за такою формулою (2.5):

$$I = \frac{N}{U}, \quad (2.5)$$

де  $I$  – струм однієї сонячної панелі;

$U$  – напруга цієї панелі;

$N$  – кількість сонячних панелей.

Сумарний струм і напруга в системі буде залежати від кількості і способу підключення сонячних панелей.

## 2.5 Висновки до 2 розділу

Розглянуто використання таких джерел альтернативного енергозабезпечення:

- сонячне електромагнітне випромінювання;
- кінетична енергія руху повітряних мас (вітер);
- кінетична енергія водного потоку (річки);
- енергія морських припливів і відливів;
- теплова енергія гарячих джерел.

Виявлено їх переваги та недоліки. В ході аналізу було виявлено, що в рамках даної задачі доцільним є використання сонячної енергії. Був оглянутий принцип роботи сонячної панелі. Оглянуто основні переваги та недоліки систем енергопостачання, що базуються на використанні сонячних панелей.

## 3 РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ТА ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

### 3.1 Коефіцієнт природного освітлення

Приміщення з постійним перебуванням людей повинні мати природне освітлення.

Джерелом природного освітлення є сонце. Умови освітлення в приміщенні визначається в основному дифузним світлом небосхилу, а також відбитим світлом, створюваним випромінюванням, відбитим від земної поверхні.

Природне освітлення підрозділяється на бокове, верхнє і комбіноване (верхнє і бічне).

Так як природне світло непостійний, може різко змінюватися навіть протягом декількох хвилин, то природне освітлення нормується не по освітленості, а за коефіцієнтом природної освітленості (КПО). Коефіцієнт природної освітленості  $e$  являє собою відношення природної освітленості в даній точці всередині приміщення  $E_B$  до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості  $E_H$ , створюваної світлом повністю відкритого небосхилу. КПО виражається (3.1):

$$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100, \quad (3.1)$$

Таким чином, коефіцієнт природного освітлення показує, яку частку зовнішньої освітленості дифузного світла небосхилу складає освітленість в розрахунковій точці всередині приміщення

Основним нормативним документом, що визначає вимоги до організації освітлення в Україні є ДБН В. 2.5–28–2006 “Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення”.

В залежності від джерела світла виробниче освітлення може бути:

природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу;

штучним, що створюється електричними джерелами світла; суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на:

бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах;

верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях;

комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулами:

при бічному освітленні приміщень використовується (3.2):

$$S_B = \frac{K_3 \cdot e_N \cdot K_{\text{буд}} \cdot \eta_B \cdot S_{\text{п}}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \quad (3.2)$$

де  $S_B$  площі ліхтарів, вікон, м<sup>2</sup>;

$K_3$  коефіцієнт запасу, приймається 1,5...2;

$e_N$  нормоване значення КПО, %;

$K_{\text{буд}}$  коефіцієнт, що враховує затінення вікон напроти стоячими будівлями, приймається в межах 1...1,5;

$\eta_B$  світлова характеристика вікна (вибирається із таблиці 3.1);

$S_{\text{п}}$  площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$\tau_0$  загальний коефіцієнт світлопропускання, що визначається за (3.3):

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.3)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за табл. 3.3);

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за табл. 3.3);

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні  $\tau_3 = 1$ ; при верхньому  $\tau_3 = 0,8 - 0,9$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за табл. 3.3);

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

$r_1$  коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття при боковому освітленні;

Таблиця 3.1 – Значення світлової характеристики вікон ( $\eta_v$  при боковому освітленні)

Відношення довжини приміщення (L) до його глибини (B)	Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

при верхньому освітленні використовується (3.4):

$$S_L = \frac{S_n \cdot e_N \cdot K_3 \cdot \eta_L \cdot S_{\Pi}}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot 100 \cdot K_L}, \quad (3.4)$$

де  $S_L$  площа світлових прорізів при верхньому освітленні;

$K_L$  коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря, який визначається за табл. 3.2;

$\eta_L$  світлова характеристика ліхтаря, що визначається за табл. 3.3;

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта  $K_d$ 

Тип ліхтаря	$K_d$
Ліхтарі з похилим двобічним заскленням (Трапецієподібні)	1,15
Ліхтарі з вертикальним двостороннім склінням (Прямокутні)	1,2
Ліхтарі з однобічним похилим заскленням (Шеди)	1,3
Ліхтарі з однобічним вертикальним заскленням(Шеди)	1,4

–  $r_2$  коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття при верхньому освітленні;

Розряд зорової роботи визначається за найменшим розміром об'єкта розрізнення, наприклад, товщина лінії, нитки, подряпина і т.д.

При односторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від світлового прорізу.

При двосторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці посередині приміщення.

При верхньому і комбінованому природному освітленні нормується середнє значення КПО в точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні. Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін або осей колон.

Нормоване значення КПО для будинків, розташованих в різних районах визначається за 3.5:

$$e_N = e \cdot m, \quad (3.5)$$

де  $e$  – значення КПО за табл. 3.4;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату за таблицею 3.5;

Таблиця 3.3 – Значення світлової характеристики ліхтарів

Тип ліхтарів	Відношення довжини приміщення L до ширини B								
	від 1 до 2			від 2 до 4			більше 4		
	Відношення висоти приміщення H до ширини B								
	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1,0	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1,0	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1,0
З вертикальним двостороннім склінням (Один проліт)	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
З похилим двобічним засклінням (Один проліт)	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
З вертикальним одностороннім склінням (Один проліт)	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
З похилим одностороннім склінням (Один проліт)	3,8	4,5	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9

### 3.2. Мета і порядок розрахунку природного освітлення

Мета розрахунку природного освітлення – визначення площі скління, при якій буде забезпечена величина нормованого коефіцієнта природного освітлення. При цьому визначаються тип переплутав (ліхтарів), положення скління, кількість світлових прорізів і ін. Порядок розрахунку:

- 1) вибір системи природного освітлення.

Таблиця 3.4 – Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з ДБН В. 2.5–28–2006)

Характеристика зорових робіт	Найменший розмір об'єкта розпізнавання, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Штучне освітлення	Природне освітлення
				Освітленість, лк	КПО, %
				загальне освітлення	бокове освітлення
Середньої точності	0,5-1	IV	а	300	1,5
			б	200	
			в	200	
			г	150	
Малої точності	1-5	V	а	200	1,0
			б	150	
			в	150	
			г	100	
Груба	Більше 5	VI	–	150	0,5

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта світлового клімату

Світлові прорізи в зовнішніх стінах будинків	Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту	Коефіцієнт світлового клімату, <i>m</i>	
		Автономна республіка Крим, Одеська обл.	Решта території України
	ПН	0,85	0,90
	ПНС, ПНЗ	0,85	0,90
	З, С	0,80	0,85
	ПДС, ПДЗ	0,80	0,85
	ПД	0,75	0,85

**Примітка.** ПН – північ; ПНС – північ-схід; ПНЗ – північ-захід; С – схід; З – захід; ПД – південь; ПДС – південь-схід; ПДЗ – південь-захід

Вибір проводиться в залежності від призначення виробничого приміщення з урахуванням специфіки технологічного процесу. Освітлення може бути бічне (одностороннє йди двостороннє), верхнє – через аераційні ліхтарі, комбіноване (верхнє і бічне);

2) вибір нормованого значення коефіцієнта природної освітленості проводиться по ДБН В. 2.5–28–2006. Для цього необхідно визначити розряд зорової роботи в залежності від найменшого розміру об'єкта розрізнення. Скорегувати значення  $e$  в залежності від району розташування будівлі з урахуванням світового клімату за формулою (3.5). При цьому коефіцієнт світлового клімату визначають залежно від номера групи адміністративних районів за ресурсами світлового клімату по табл. 3.2. Світлові прорізи орієнтовані на північ;

3) вибір коефіцієнта запасу  $K_3$ , який враховує зниження КПО за рахунок забруднення скління. Для цього необхідно встановити категорію приміщення за умовами забруднення повітряного середовища і розташування світлопропускаючого матеріалу по відношенню до горизонту;

4) визначення світловий характеристики світлових прорізів проводиться:

а) при бічному освітленні по табл. 3.5 залежно від величини відношення довжини приміщення  $L$  до його глибини  $B$  ( $L/B$ ), а також величини відносини глибини приміщення  $B$  до його висоти від рівня умовної робочої поверхні від верху вікна  $h$  ( $B/h$ );

б) при верхньому освітленні за табл. 3.7 в залежності від типу ліхтаря, а також величин відносин довжини приміщення до ширини ( $L/B$ ) і висоти приміщення до ширини ( $H/B$ );

5) визначення загального коефіцієнта світлопропускання здійснюється за формулою (3.3), а також за допомогою табл. 3.6;

б) визначення коефіцієнтів:

а)  $r_1$  для бічного освітлення по табл. 3.7. Для цього необхідно визначити:  
– відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна  $B/h$ ;

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнтів  $\tau_1$   $\tau_2$   $\tau_4$ 

Вид світло пропускового матеріалу	Значення $\tau_1$	Вид віконної рами	Значення $\tau_2$	Сонцезахисні пристрої	Значення $\tau_4$
Скло віконне листове:		Віконні рами для промислових будівель:		Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)	1
одинарне	0,9	будівель:			
подвійне	0,8				
потрійне	0,75	а) дерев'яні:		Стаціонарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:	
Скло листове:		одинарні	0,75		
армоване	0,6	спарені	0,7		
з візерунком	0,65	подвійні окремі	0,6		
сонцезахисне	0,65	б) металеві:		– горизонтальні	0,65
контрастне	0,75	одинарні		– вертикальні	0,75
Органічне скло:		(відкриваються)	0,75	Горизонтальні козирки:	
прозоре	0,9	одинарні (глухі)	0,9		
молочне	0,6	подвійні			
Пустотілі скляні блоки:		(відкриваються)	0,6	– з захисним кутом не більше 30°	0,8
світлорозсіюючі	0,5	подвійні (глухі)		– з захисним кутом від 15 до 45° (багатоступеневі)	0.6-0,9
прозорі	0,55		0,8		
Склопакети	0,8				

– відношення відстані між розрахунковою точкою і зовнішньою стіною до глибини приміщення  $l/B$ ;

– відношення довжини приміщення до його глибини  $L/B$ ;

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнта  $r_1$ 

В/л	1/В	Значення $r$ при боковому освітленні								
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$ стелі, стін і підлоги								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення $L$ до його глибини $B$								
		0,5	1	2 і >	0,5	1	2 і >	0,5	1	2 і >
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
> 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
> 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7
> 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5

Продовження таблиці 3.7

В/h	1/V	Значення r при боковому освітленні								
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$ стелі, стін і підлоги								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B								
		0,5	1	2 i >	0,5	1	2 i >	0,5	1	2 i >
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5

**Примітка.** В – глибина приміщення; h – висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; l – відстань розрахункової точки (точка, яка знаходиться на відстані 1м від стіни, що розташована навпроти стіни з вікнами) до зовнішньої стіни.

– величину середньозваженого коефіцієнта відображення  $\rho_{\text{ср}}$  стелі, стін і підлоги, яка визначається за формулою 3.6:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{стелі}} \cdot S_{\text{стелі}} + \rho_{\text{стін}} \cdot S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлоги}} \cdot S_{\text{підлоги}}}{S_{\text{стелі}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлоги}}}, \quad (3.6)$$

де  $\rho_{\text{стелі}}$ ,  $\rho_{\text{стін}}$ ,  $\rho_{\text{підлоги}}$  – відповідні коефіцієнти відбиття (табл. 3.8);

$S_{\text{стелі}}$ ,  $S_{\text{стін}}$ ,  $S_{\text{підлоги}}$ , – відповідні площі поверхонь.

б)  $r_2$  для верхнього освітлення по табл. 3.9. Визначається в залежності від величини відносини висоти приміщення, що приймається від умовної робочої поверхні до нижньої межі скління до ширини приміщення ( $H_{\text{л}}/B$ ), а також від середньозваженого коефіцієнта відображення стелі, стін і підлоги  $\rho_{\text{ср}}$ , який розраховується за формулою (3.6).

7) Визначення коефіцієнта  $K_{\text{буд}}$ , що враховує затінення ворогуючими будинками, проводиться за допомогою табл. 3.4 залежно від величини відносини відстані між даним і протистояли будівлею до висоти розташування карниза протистоїть будинку над підвіконням розглянутого вікна ( $L_{\text{буд}}/H_{\text{буд}}$ ).

8) Величина коефіцієнта  $K_{\text{д}}$  вибирається по табл. 3.7 в залежності від типу ліхтаря.

9) Визначення площі світлових прорізів проводиться:

а) при бічному освітленні за (3.2);

б) при верхньому освітленні за формулою (3.4). Встановлені розрахунком розміри світлових прорізів допускається змінювати на + 5%, -10%.

10) Визначити відносну площу світлових прорізів:

а) при бічному освітленні використовується 3.7:

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{S_{\text{в}}}{S_{\text{п}}} \cdot 100, \quad (3.7)$$

б) при верхньому освітленні використовується 3.8:

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{п}}} \cdot 100, \quad (3.8)$$

Таблиця 3.8 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ ) та стін ( $\rho_{\text{стін}}$ )

Стан стелі	$\rho_{\text{стелі}}, \%$	Стан стін	$\rho_{\text{стін}}, \%$
Свіжовибілена	80–65	Свіжовибілені з вікнами * закритими білими шторами	75–65
Побілена в сирих приміщеннях	65–40		
Бетонна чиста	55–45	Свіжовибілені з вікнами без штор	55–45
Бетонна брудна	35–25		

Продовження таблиці 3.8

Стан стелі	$\rho_{\text{стелі}}, \%$	Стан стін	$\rho_{\text{стін}}, \%$
Світла дерев'яна (полакована)	60–45	Бетонні з вікнами	35–25
		Обклеєні світлими шпалерами	40–25
Темна дерев'яна (нефарбована)	30–25		
		Обклеєні темними шпалерами	15–5
Брудна (кузні, склади вугілля)	20–10	шпалерами	
		Цегляні не штукатурені	15–10

Таблиця 3.9 – Значення коефіцієнта  $\Gamma_2$ 

Відношення висоти приміщення, що приймається від умовної робочої поверхні до нижньої межі скління, $H_{\text{л}}$ до ширини $B$	Середньозважений коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги		
	$\rho_{\text{сер}} = 0,5$	$\rho_{\text{сер}} = 0,4$	$\rho_{\text{сер}} = 0,3$
2	1,7	1,6	1,4
1	1,5	1,4	1,3
0,75	1,45	1,35	1,25
0,5	1,4	1,3	1,2
0,25	1,35	1,25	1,15

### 3.3 Приклад розрахунку освітлення на ділянці мікроелектронних приладів

Корпус підприємства знаходиться у Харкові. Геометричні розміри приміщення:

- довжина приміщення  $L_{\text{п}} = 10$  м;
- глибина  $B = 12$  м;

– висота  $H = 5$  м.

Висота від робочої поверхні до верху вікна  $h_1 = 4$  м. Відстань від зовнішньої стіни до розрахункової точки А  $L = 6$  м.

Коефіцієнти відбиття стелі, стін і підлоги: 50%, 30%, 10%.

Будівля, що стоїть напроти знаходиться на відстані  $L_{\text{буд}} = 30$  м. Висота цієї будівлі  $H_{\text{буд}} = 30$  м.

Визначаємо нормоване значення коефіцієнта природної освітленості для району розташування за формулою 3.5.

Знаходимо по таблиці 3.1  $e_n = 1$

Для Харкова при орієнтації вікон на північ  $e_N = 1 * 1,1 = 1,1$

Коефіцієнт запасу 1,6.

Знаходимо світлову характеристику світових прорізів по табл. 3.5 при:

$$L_n/B = 10/12 = 0,8,$$

$$B/h_1 = 12/4 = 3,$$

$$\eta_0 = 18$$

Визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання за 3.3:

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,56.$$

Визначаємо коефіцієнт  $r_1$  - для бічного освітлення по табл. 3.6.

Для цього знаходимо:

– відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна:

$$B/H_1 = 12/4 = 3;$$

– відношення відстані між розрахунковою точкою і зовнішньою стіною до

глибині приміщення:

$$L/B = 6/12 = 0,5;$$

– відношення довжини приміщення до його глибини:

$$L_n/B = 10/12 = 0,8;$$

– величину середньозваженого коефіцієнта відображення  $\rho_{\text{ср}}$  стелі  $S_1$ , стін  $S_2$  і підлоги  $S_3$ :

$$S_1 = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2,$$

$$S_2 = 2 \cdot 12 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 170 \text{ м}^2,$$

$$S_3 = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2,$$

$$\rho_{\text{ср}} = (50 \cdot 120 + 30 \cdot 170 + 10 \cdot 120) / (120 + 170 + 120) = 30(\%),$$

$$r_1 = 1,15.$$

Знаходимо коефіцієнт  $K_{\text{буд}}$ , що враховує затінення будівлею, що стоїть на-проти, при:  $L_{\text{буд}}/H_{\text{буд}} = 30/30 = 1$  і  $\rho_{\text{ср}} = 30\%$   $K_{\text{буд}} = 1,4$ .

Визначаємо площу світлових прорізів за формулою 3.2:

$$S_0 = \frac{120 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 18 \cdot 1,4}{100 \cdot 0,56 \cdot 1,15} = 77,5 \text{ м}^2.$$

Відносна площа світлових прорізів:

$$\frac{77,5}{120} \cdot 100 = 64,6 \%$$

### **3.3 Висновки до 3 розділу**

Були розглянуті фактори, від яких залежать норми освітлення приміщень та способи розрахунку необхідної кількості освітлення. Були проведені розрахунки природнього та штучного освітлення для виробничого приміщення.

## 4 ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ

### 4.1 Вибір архітектури програмного комплексу

Триланкова архітектура додатків – це модульна клієнт-серверна архітектура, яка складається з рівня уявлення, рівня додатку і рівня даних. Рівень даних забезпечує зберігання інформації, рівень додатків обробляє логіку, а рівень представлення являє собою графічний інтерфейс користувача (GUI), який взаємодіє з двома іншими рівнями. Ці три рівня є логічними, а не фізичними, і можуть працювати як на одному фізичному сервері, так і на різних машинах. На рисунку 4.1 зображено триланкову архітектуру



Рисунок 4.1 – Триланкова архітектура програмного комплексу

Рівень представлення. Цей рівень, створений з використанням HTML5, JavaScript і каскадних таблиць стилів (CSS), розгортається на обчислювальному пристрої через веб-браузер або веб-додаток. Рівень представлення зв'язується з іншими рівнями за допомогою викликів інтерфейсу прикладних програм (API).

Рівень застосунків. Рівень застосунків, який також можна назвати логічним рівнем, написаний на мові програмування, такому як Java, Python або Ruby, і містить бізнес-логіку, яка підтримує основні функції програми. Базовий рівень застосунків

може бути розміщений на розподілених серверах в хмарі або на виділеному внутрішньому сервері, в залежності від того, скільки обчислювальної потужності потрібно з додатком.

Рівень даних. Рівень даних складається з бази даних і програми для управління доступом для читання і запису в базі даних. Цей рівень також може називатися рівнем зберігання і може бути розміщений локально або в хмарі. Популярні системи баз даних для управління доступом для читання / запису включають MySQL, Oracle, PostgreSQL, Microsoft SQL Server і MongoDB.

## 4.2 Опис архітектури серверу

Model-view-controller – (MVC, «модель-уявлення-контролер», «модель-вид-контролер») – схема використання декількох шаблонів проектування, за допомогою яких модель додатки, призначений для користувача інтерфейс і взаємодія з користувачем розділені на три окремих компонента таким чином, щоб модифікація одного з компонентів надавала мінімальний вплив на інші. Дана схема проектування часто використовується для побудови архітектурного каркаса, коли переходять від теорії до реалізації в конкретній предметній області.

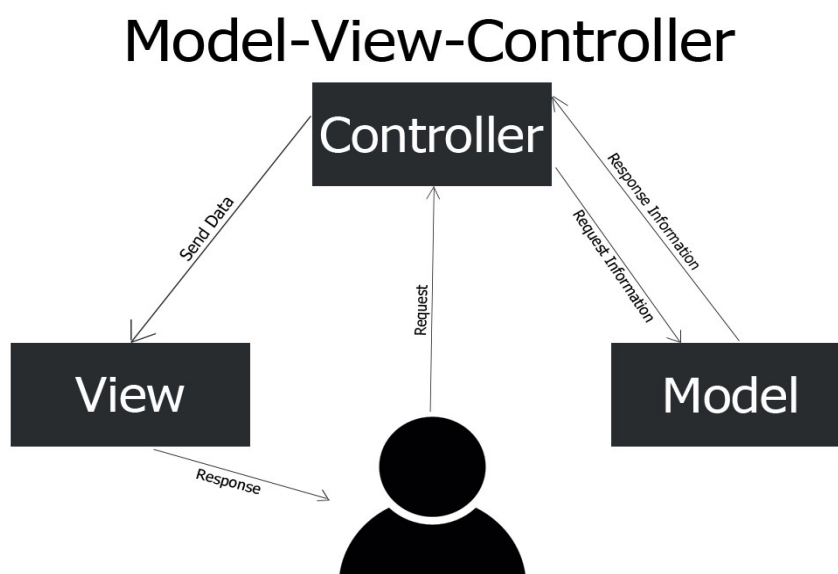


Рисунок 4.2 – Концепція моделі MVC

Основна мета застосування цієї концепції полягає в відділенні бізнес-логіки (моделі) від її візуалізації (уявлення, виду). За рахунок такого поділу підвищується можливість повторного використання. Найбільш корисне застосування даної концепції в тих випадках, коли користувач повинен бачити ті ж самі дані одночасно в різних контекстах і / або з різних точок зору. Зокрема, виконуються наступні завдання:

- до однієї моделі можна приєднати кілька видів, при цьому не зачіпаючи реалізацію моделі. Наприклад, деякі дані можуть бути одночасно представлені у вигляді електронної таблиці, гістограми і кругової діаграми;

- не торкаючись реалізацію видів, можна змінити реакції на дії користувача (натискання мишею на кнопки, введення даних), для цього досить використовувати інший контролер.

- ряд розробників спеціалізується тільки в одній з областей: або розробляють графічний інтерфейс, або розробляють бізнес-логіку. Тому можливо добитися того, що програмісти, які займаються розробкою бізнес-логіки (моделі), взагалі не будуть обізнані про те, яке уявлення буде використовуватися.

Концепція MVC дозволяє розділити дані, подання та обробку дій користувача на три окремих компоненти:

Model (Модель) – це дані і правила, які використовуються для роботи з даними, які представляють концепцію управління додатком. У будь-якому додатку вся структура моделюється як дані, які обробляються певним чином. Що таке користувач для додатка – повідомлення або книга? Тільки дані, які повинні бути оброблені відповідно до правил (дата не може вказувати в майбутнє, email повинен бути в певному форматі, ім'я не може бути довшим X символів, і так далі).

Модель дає контролеру уявлення даних, які запросив користувач (повідомлення, сторінку книги, фотоальбом, тощо). Модель даних буде однаковою, незалежно від того, як ми хочемо представляти їх користувачеві. Тому ми вибираємо будь-який доступний вид для відображення даних.

Модель містить найбільш важливу частину логіки нашого застосування, логіки, яка вирішує завдання, з якою ми маємо справу (форум, магазин, банк, тощо).

Контролер містить в основному організаційну логіку для самого додатка (дуже схоже на ведення домашнього господарства).

View (Представлення). В обов'язки Представлення входить відображення даних отриманих від Моделі. Зазвичай Подання має вільний доступ до Моделі і може брати з неї дані, проте це доступ тільки на читання, нічого міняти в Моделі або навіть просто викликати методи призводять до зміни її внутрішнього стану, Поданню дозволяти не можна. У разі активної Моделі, Подання може підписатися на події зміни Моделі і перемальовуватись, забравши змінені дані, при отриманні відповідного оповіщення. Для взаємодії з Контролером, уявлення, як правило, реалізує якийсь інтерфейс, відомий Контролеру, що дозволяє змінювати уявлення незалежно і мати кілька подань на Контролер. Взагалі, підміна або зміна Уявлення сама часто зустрічається завдання,

Контролер (Controller) управляє запитами користувача. Його основна функція – викликати і координувати дію необхідних ресурсів і об'єктів, потрібних для виконання дій, що задаються користувачем. Зазвичай контролер викликає відповідну модель для задачі і вибирає відповідний вид.

В оригінальній концепції була описана сама ідея і роль кожного з елементів: моделі, уявлення і контролера. Але зв'язку між ними були описані без конкретизації. Крім того, розрізняли дві основні модифікації:

### **4.3 Опис інструментів розробки**

#### **4.3.1 Мова програмування PHP**

PHP – мова програмування, що використовується на стороні WEB-сервера для динамічної генерації HTML-сторінок. Про це говорить і розшифровка його назви: PHP – Personal HyperText Processor.

PHP – один з небагатьох мов програмування, створених спеціально для розробки веб-додатків. Тому він включає в себе всі функції, необхідні саме для роботи на веб-сервері, і при цьому позбавлений надмірності, властивої багатьом його конкурентам.

Дуже приємна особливість PHP – то, що його команди включаються в звичайні HTML-сторінки за допомогою спеціальних тегів, які і примушують PHP-машину виконувати на сервері потрібні дії. Програмами на PHP не потрібні спеціальні CGI-директорії з особливими правами доступу. Більш того, на одній сторінці можна довільно чергувати "простий" HTML і PHP-код.

PHP не залежить від платформи. PHP прекрасно інтегрується в усі популярні веб-сервери: Apache і IIS, Zens і Netscape Enterprise Server, працює під Windows і OS / 2, MacOS і практично всіма UNIX-подібними системами. Як наслідок – PHP працює практично у всіх хостерів, які дозволяють власні виконувати скрипти.

Чудова особливість PHP – його інтегрованість практично з усіма сучасними інтернет-технологіями. PHP підтримує більшість сучасних веб-протоколів: IMAP, FTP, POP, XML, SNMP і інші. PHP прекрасно працює з базами даних. Важко знайти СУБД, підтримка якої не була б реалізована в PHP. MySQL і MS SQL Server, PostgreSQL та Oracle, Sybase і Interbase.

PHP включає в себе величезну кількість вбудованих функцій: обробки рядків і масивів, роботи з файловою системою і з HTTP, електронної поштою, датою і часом, кирилицею та іншими національними алфавітами. Коли я вперше почав програмувати на PHP, то був просто вражений великою кількістю вбудованих функцій! Завдяки їм багато алгоритми, що вимагають в більшості мов написання програмного коду розміром в декілька екранів, реалізуються на PHP однією командою (точніше, викликом однієї функції).

Сучасні тенденції розвитку мов програмування не обійшли стороною і PHP. Засоби об'єктно-орієнтованого програмування з'явилися ще в PHP3. А в об'єктній моделі PHP4 в повному обсязі реалізовані класичні поняття об'єктно-орієнтованого програмування: успадкування, інкапсуляція і поліморфізм.

#### 4.3.2 HTML і CSS

HTML і CSS – це основа будь-якого сайту. Від їх коректності залежить якість відображення сайту в різних браузерах (Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, Opera) і на різних пристроях (ПК, планшети, смартфони). Валідність

і семантичного HTML коду також визначає якість сайту з точки зору пошукових систем.

Говорячи про HTML і CSS не можна не згадати фреймворки, які спрощують верстку Twitter Bootstrap, Bulma, MaterialUI, Zubr Foundation, html5boilerplate і blueprint. Ці фреймворки містять в собі сітку для макетів, хорошу типографіку, готові контроли (кнопки, елементи форми) і багато іншого.

Для CSS існує кілька препроцесорів, що розширюють можливості мови, наприклад, LESS і SASS. Завдяки їм спрощується розробка і супровід великих проєктів, так як можливості використання функцій, змінних і домішок істотно знижують повторення в коді і дозволяють повторно використовувати багато ділянок коду.

### 4.3.3 JavaScript

Клієнтський мову програмування JavaScript використовується при розробці інтерфейсів сайтів, роблячи їх більш чуйними і динамічними. На JavaScript реалізується велика частина тих красивих ефектів, які ми бачимо на сучасних сайтах (фотогалереї, слайдшоу, інтерфейси на вкладках і т.д.). Ще одним з популярних типів використання JS є AJAX – технологія, що дозволяє без перезавантаження сторінки відправляти на сервер команди і / або отримувати звітні дані і вбудовувати їх в сторінку.

Говорячи про JavaScript можна не згадати популярну бібліотеку написану на ньому – це jQuery. Її використання в проєктах дозволяє створювати інтерактивні сценарії поведінки інтерфейсу досить швидко і просто. Також на базі jQuery написано багато готових компонентів, що дозволяють вбудувати потрібний функціонал шляхом копіювання і вставки декількох рядків коду. Але при цьому складні інтерфейси на jQuery зазвичай дуже важко супроводжувати.

JS-розробка складних інтерфейсів зазвичай будується навколо більш просунутих бібліотек і фреймворків – React, Vue, Angular, MobX і Redux. Вони дозволяють створювати дуже інтерактивні інтерфейси так, що кодова база залишається супроводжуваною.

Браузери підтримують роботу тільки з JavaScript, але існують також мови, що дозволяють писати код на них, а потім перетворювати написане в JS. З них варто відзначити найбільш популярні – TypeScript, Dart і Kotlin.

#### 4.3.4 Фреймворки в веб-розробці

Фреймворки – це програмні продукти, які спрощують створення і підтримку технічно складних або навантажених проектів. Фреймворк, як правило, містить тільки базові програмні модулі, а все специфічні для проекту компоненти реалізуються розробником на їх основі. Тим самим досягається не тільки висока швидкість розробки, а й велика продуктивність і надійність рішень.

Веб-фреймворк – це платформа для створення сайтів і веб-додатків, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного проекту. За рахунок широких можливостей в реалізації бізнес-логіки і високої продуктивності ця платформа особливо добре підходить для створення складних сайтів, бізнес-додатків і веб-сервісів.

З точки зору бізнесу розробка на фреймворку майже завжди економічно ефективніше і якісніше за результатом, ніж написання проекту на чистому мовою програмування без використання будь-яких платформ. Розробка без використання платформи може бути правильним рішенням тільки в двох випадках – або проект зовсім простий і не вимагає подальшого розвитку, або дуже навантажений і вимагає дуже низькорівневої оптимізації (наприклад, веб-сервіси з десятками тисяч звернень в секунду). У всіх інших випадках розробка на програмній платформі швидше і якісніше.

Якщо порівнювати фреймворки з іншими класами платформ – SaaS, CMS або CMF – то фреймворки значно ефективніше використовувати в проектах зі складною бізнес-логікою і з високими вимогами до швидкості роботи, надійності і безпеки. Але в простих і типових проектах без значущих вимог швидкість і вартість розробки на фреймворку буде вище, ніж на SaaS або CMS.

Одним з головних переваг у використанні фреймворків є те, що фреймворк визначає уніфіковану структуру для побудованих на його базі додатків. Тому

додатки на фреймворками значно простіше супроводжувати і допрацьовувати, так як стандартизована структура організації компонентів зрозуміла всім розробникам на цій платформі і не потрібно довго розбиратися в архітектурі, щоб зрозуміти принцип роботи програми або знайти місце реалізації того чи іншого функціоналу. Більшість фреймворків для розробки веб-додатків використовує парадигму MVC – тобто дуже в багатьох фреймворками ідентичний підхід до організації компонентів програми та це ще більше спрощує розуміння архітектури додатку навіть на незнайомому розробнику фреймворку.

Проектування архітектури ПЗ при розробці на фреймворку теж дуже спрощується – в методології фреймворків звичайно закладені кращі практики програмної інженерії та просто дотримуючись цих правил можна уникнути багатьох проблем і помилок в проектуванні. По суті, фреймворк – це безліч конкретних і абстрактних класів, пов'язаних між собою і впорядкованих згідно з методологією фреймворка. Конкретні класи зазвичай реалізують взаємні відносини між класами, а абстрактні класи являють собою точки розширення, в яких закладений у фреймворк базовий функціонал може бути використаний «як є» або адаптований під завдання конкретного додатка. Для забезпечення розширення можливостей в більшості фреймворків використовуються техніки об'єктно-орієнтованого програмування: наприклад, частини програми можуть успадковуватися від базових класів фреймворка або окремі модулі можуть бути підключені як домішки.

Екосистеми веб-фреймворків також багаті на готові реалізації багатьох функціональних можливостей. Розробникам при роботі над типовими завданнями не треба «винаходити велосипеди», так як вони можуть скористатися вже створеною спільнотою реалізацією. А це не тільки скорочує витрати часу і грошей, але і дозволяє домогтися більш високої стабільності рішення – компонент, який використовується і допрацьовується тисячами інших розробників зазвичай більш якісно реалізований і краще протестований на всіляких сценаріях, ніж рішення, яке може в адекватні терміни розробити один розробник або навіть невелика команда.

Фреймворки – це не бібліотеки. Бібліотека – це більш простий компонент архітектури програмного забезпечення. Програмна бібліотека може бути

використана просто як набір підсистем близькою функціональністю, не впливаючи на архітектуру основного програмного продукту і не накладаючи на неї ніяких обмежень.

Фреймворк ж не просто дає розробнику потрібний функціонал, але ще й диктує правила побудови архітектури додатку, задаючи на початковому етапі розробки поведінку за умовчанням, формуючи каркас, який потрібно буде розширювати і змінювати відповідно до зазначених вимог. Фреймворк також може включати допоміжні програми, бібліотеки коду, мова сценаріїв і інше програмне забезпечення, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного проекту.

Перед веб-розробниками часто стоїть вибір між коробковими CMS і фреймворками для реалізації проекту. У кожного з підходів є свої плюси і мінуси, нижче ми розглянемо переваги і недоліки розробки на фреймворках.

Розробка на фреймворку (на відміну від самописних рішень) дозволяє домогтися простоти підтримки проекту.

Можлива (і відносно проста) реалізація будь-яких бізнес-процесів, а не тільки тих, які спочатку закладені в систему. Також проекти на базі фреймворків легко масштабуються та модернізованих.

Рішення на фреймворках, як правило, працюють значно швидше і витримують більше навантаження, ніж CMS і системи власної розробки. Саме тому багато популярних інтернет магазинів працюють не на коробкових CMS, а на фреймворках. За рівнем безпеки рішення на фреймворках значно перевершують системи власної розробки і порівняти з CMS (як правило, сайти на фреймворках навіть безпечніше).

Терміни розробки типового функціоналу на фреймворках більше, ніж при використанні CMS. Фреймворки містять тільки базові компоненти бізнес-логіки рівня додатку, тому багато функцій реалізуються індивідуально.

Для розробки на фреймворку потрібне розуміння бізнес-процесів, які потрібно реалізувати. Наприклад, якщо в CMS вже є якийсь встановлений процес обробки замовлень, то фреймворки такого не пропонують.

Популярні PHP-фреймворки:

- Yii
- Symfony
- Zend
- Laravel
- Kohana
- CodeIgniter

Аналізуючи предметну область було обрано фреймворк Laravel.

Laravel – безкоштовний веб-фреймворк з відкритим кодом, призначений для розробки з використанням архітектурної моделі MVC. Laravel випущений під ліцензією MIT. Вихідний код проекту розміщується на GitHub. В результаті опитування [sitepoint.com](http://sitepoint.com) в грудні 2013 року про найпопулярніших PHP-фреймворк Laravel зайняв місце самого багатообіцяючого проекту на 2014 рік [16].

#### **4.4 Обґрунтування вибору програмної реалізації**

Установка веб додатків дешевше і набагато простіше. Завдяки використанню саме веб додатків підприємства і компанії можуть знизити витрати на утримання IT відділів, які відповідають за установку програмного забезпечення і його супровід. В цьому випадку у користувача лише комп'ютер з браузером і з'єднання з інтернетом або корпоративною мережею.

Оновлення веб додатків дешевше і набагато простіше. Завжди велике значення має вартість обслуговування ПЗ. Оновлення ПЗ дуже схоже на його установку, тому переваги які були згадані мають місце і в даній ситуації. Для того щоб зробити оновлення веб додатки, його необхідно оновити не тільки на сервері і все відразу ж зможуть працювати з новою версією.

Веб-додатки більш універсальні і практичні для кінцевого користувача. Вам достатньо буде встановити веб додаток на сервер, що працює під будь-який сучасної ОС, і ви зможете користуватися ним через інтернет на будь-якому комп'ютері або мобільному пристрої, що працює під управлінням Mac OS, Windows, Linux або

будь-якої іншої ОС. Якщо додатки зроблені якісно то вони будуть працювати однаково добре в будь-якому браузері, будь то Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome, Internet Explorer або Safari [17].

Веб-додатки полегшують організацію зберігання даних. Якщо є необхідність звертатися до одних і тих же даних з різних місць, то набагато простіше організувати їх зберігання в одному місці, замість того щоб розкидати по різних базах даних. Завдяки цьому відпадає необхідність синхронізації і підвищиться ступінь їх захищеності.

#### 4.5 База даних розробленої системи

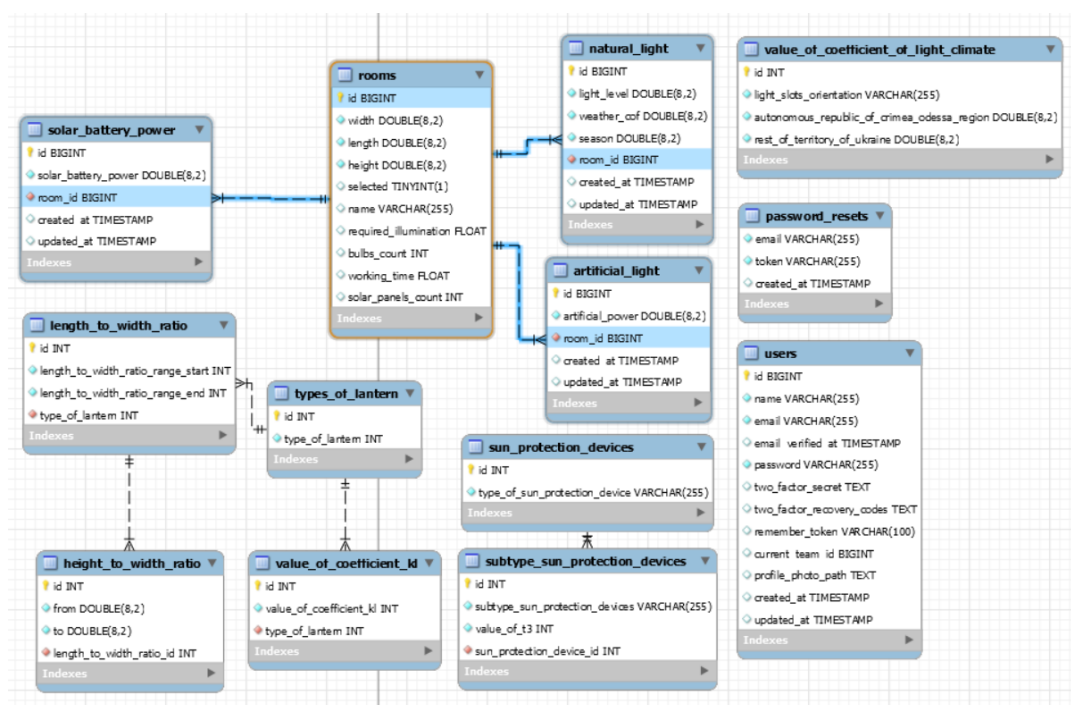


Рисунок 4.3 – ER діаграма розробленої бази даних

У процесі аналізу існуючих систем-аналогів, було визначено, що для розробки потрібно створити власну базу даних. Для створення бази даних, спочатку було розроблено ER діаграму (рис 4.3).

В таблиці «rooms» зберігаються наступні дані:

– ширина, довжина та висота приміщень;

- назва приміщення;
- кількість та тип використовуваних ламп;
- кількість під'єднаних сонячних панелей;

Якщо приміщення знаходиться в робочому стані, у базі також зберігаються такі дані:

- заданий час роботи приміщення;
- необхідний рівень освітлення;

За характеристики сонячних панелей відповідає таблиця «solar\_battery\_power», в ній потужність, сила струму, тип фотоелементів, температурний коефіцієнт і габарити сонячної панелі.

Кількість енергії, що надається з електромережі компанією постачальником зберігається в таблиці «artificial\_light».

Таблиця «natural\_light» містить дані про кількість природнього світла. До цих даних входять коефіцієнт освітлення регіону, погодній коефіцієнт та коефіцієнт пори року.

Таблиця «users» містить дані про користувачів системи:

- ім'я;
- електронна адреса;
- пароль;
- фото профілю;

Ці дані використовуються для зберігання логів роботи системи, за якими можна буде встановити, які дії, яким користувачем були здійснені.

## 4.6 Опис розробленої системи

Система являє собою WEB-додаток, створений на базі фреймворку Laravel та мови програмування PHP. Головне вікно програми відображає дані про активні приміщення, що відображаються двома способами: у таблиці (рис. 4.4) та у вигляді діаграм (рис. 4.6-4.7). Список даних, що відображаються на головній сторінці:

- назви приміщень;

- назви корпусів;
- кількість сонячної енергії, що використовується.
- кількість енергії, що надається компанією постачальником.
- кількість енергії, що була зекономлена за рахунок використання природного освітлення. Ця енергія розраховується зважаючи на те, скільки б енергії довелося використати на живлення приладів освітлення.
- кількість енергії, якої бракує для дотримання норми освітленості приміщення

Dashboard    [Options](#)

Назва приміщення	Назва корпусу	Енергія сонячної батареї	Енергія компанії постачальника	Енергії зекономлено за рахунок природного освітлення	Недостача енергії
Premises #1	Corpus #1	1200	500	0.90909090909091	-318.18181818182
Premises #3	Corpus #1	800	1162	1.1818181818182	1012
Premises #5	Corpus #1	257.72727272727	0	1.3636363636364	0
Premises #2	Corpus #2	700	1064	1.0909090909091	188.72727272727
Premises #4	Corpus #2	1156	1240	1.3636363636364	-840.36363636364

[Розпочати роботу приміщення](#)

Рисунок 4.4 – Таблиця моніторингу даних освітлення

На головній сторінці також знаходиться елемент контролю, який зображено на рис. 4.5, за допомогою якого можна розпочати роботу приміщення, вказавши необхідний рівень освітлення, та час роботи приміщення у хвилинах.

Розпочати роботу приміщення

Оберіть приміщення: test1

Необхідний рівень освітлення (lm):

Час роботи (хв):

Підтвердити

Рисунок 4.5 – вигляд вікна «Розпочати роботу приміщення»

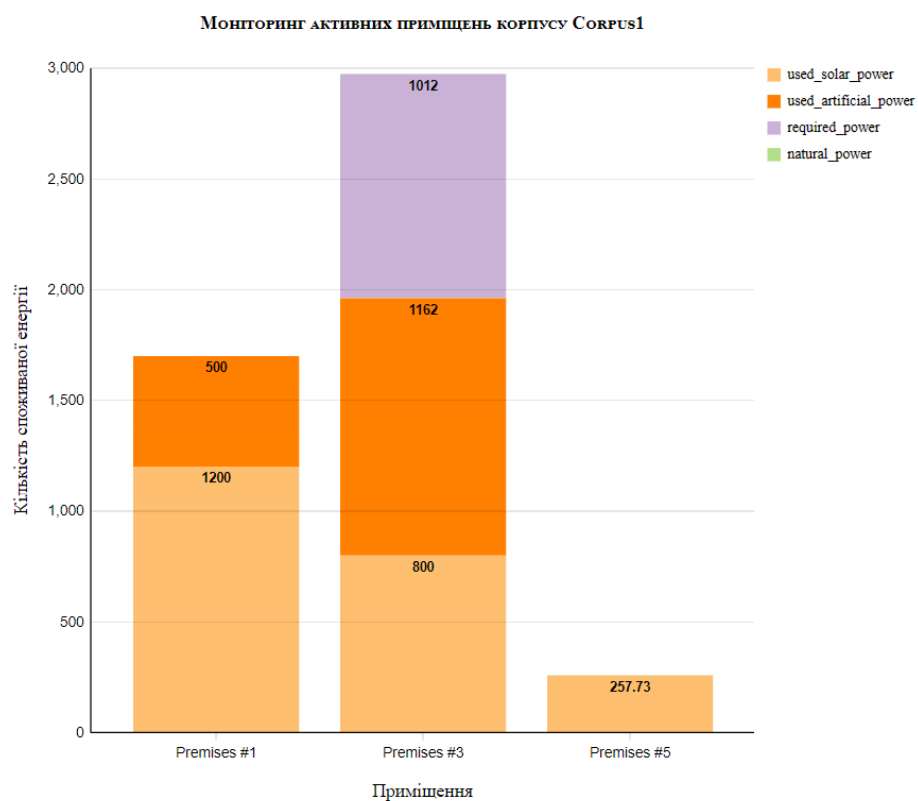


Рисунок 4.6 – Діаграма енергії, що використовується приміщеннями корпусу 1

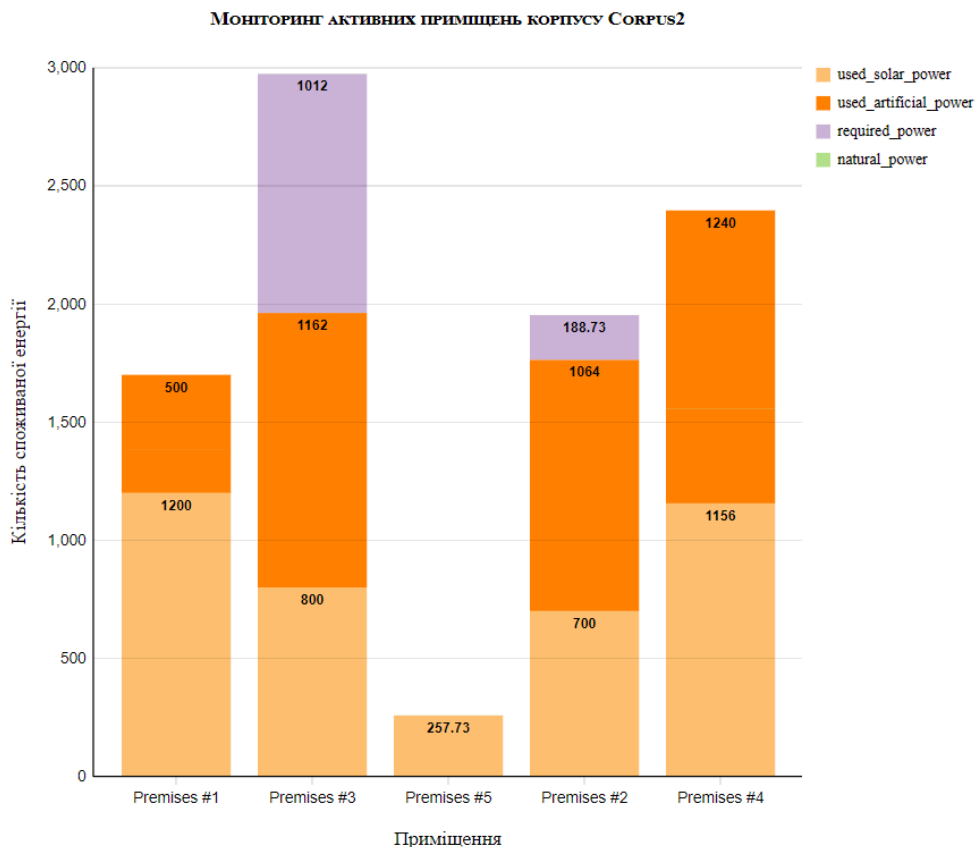


Рисунок 4.7 – Діаграма енергії, що використовується приміщеннями корпусу 2

Щоб потрапити на головну сторінку, та здійснювати контроль та моніторинг системи, необхідно авторизуватися в системі використовуючи логін та пароль. Вікно авторизації зображено на рис. 4.8.

Email

Password

Remember me

[Forgot your password?](#)

Рисунок 4.8 – Вікно авторизації

З головної сторінки можна перейти до сторінки налаштувань, яке зображено на рис. 4.9. В цьому вікні можна додати налаштування нового приміщення, та обрати корпус, в якому воно знаходиться. До налаштувань входять:

- назва приміщення;
- корпус, в якому воно знаходиться;
- габарити приміщення (ширина, довжина);
- кількість освітлювальних приладів, які можуть використовуватись у приміщенні;
- кількість сонячних панелей, що можуть здійснювати подачу енергії для даного приміщення.

### Додати приміщення

Назва:

Корпус:

Ширина (м):

Довжина (м):

Кількість ламп:

Кількість сонячних панелей:

Приміщення	Корпус	Розташування	Ширина	Довжина
Premises #1	Corpus #1	Kyivska	14	22
Premises #2	Corpus #2	Kharkivska	14	22
Premises #3	Corpus #1	Kyivska	22	15
Premises #4	Corpus #2	Kharkivska	11	13
Premises #5	Corpus #1	Kyivska	11	13
Premises #6	Corpus #2	Kharkivska	11	13

Рисунок 4.9 – Вікно налаштувань існуючих приміщень

#### 4.7 Вирішення задачі управління світловими характеристиками на ділянці мікроелектронних виробів за допомогою додатку

Для точної інженерії, тонкої електроніки і різних елементів управління мінімальна освітленість становить 600 люкс. Типова сонячна панель виробляє до

120 ват, або 0,12 кВт в день. Для забезпечення 7,5 кВт потрібно близько 62 панелі. Виробництво використовує три приміщення площа першого становить 242 м<sup>2</sup>, другого 210 м<sup>2</sup>, третього 143 м<sup>2</sup>.

Отже використовуючи додаток необхідно створити нові налаштування приміщення (рис. 4.10)

Додати приміщення	
Назва:	Premises#1
Корпус:	Microelectronics Corpus
Ширина (м):	11
Довжина (м):	22
Площа вікон (%):	50
Кількість ламп:	20
Кількість сонячних панелей:	20
<b>Додати</b>	

Рисунок 4.10 – Додавання приміщення №1

Далі використовуючи функцію активування роботи приміщення, необхідно розпочати роботи приміщень, що були додані до системи (рис. 4.11).

<b>Розпочати роботу приміщення</b>	
Оберіть приміщення:	Обрати
Необхідний рівень освітлення (lx):	600
Час роботи (хв):	600
<b>Підтвердити</b>	

Рисунок 4.11 – Додавання активного приміщення

Результатом є діаграма зображена на рис. 4.12, на якій зображені дані щодо використання різних видів енергії на джерела освітлення.

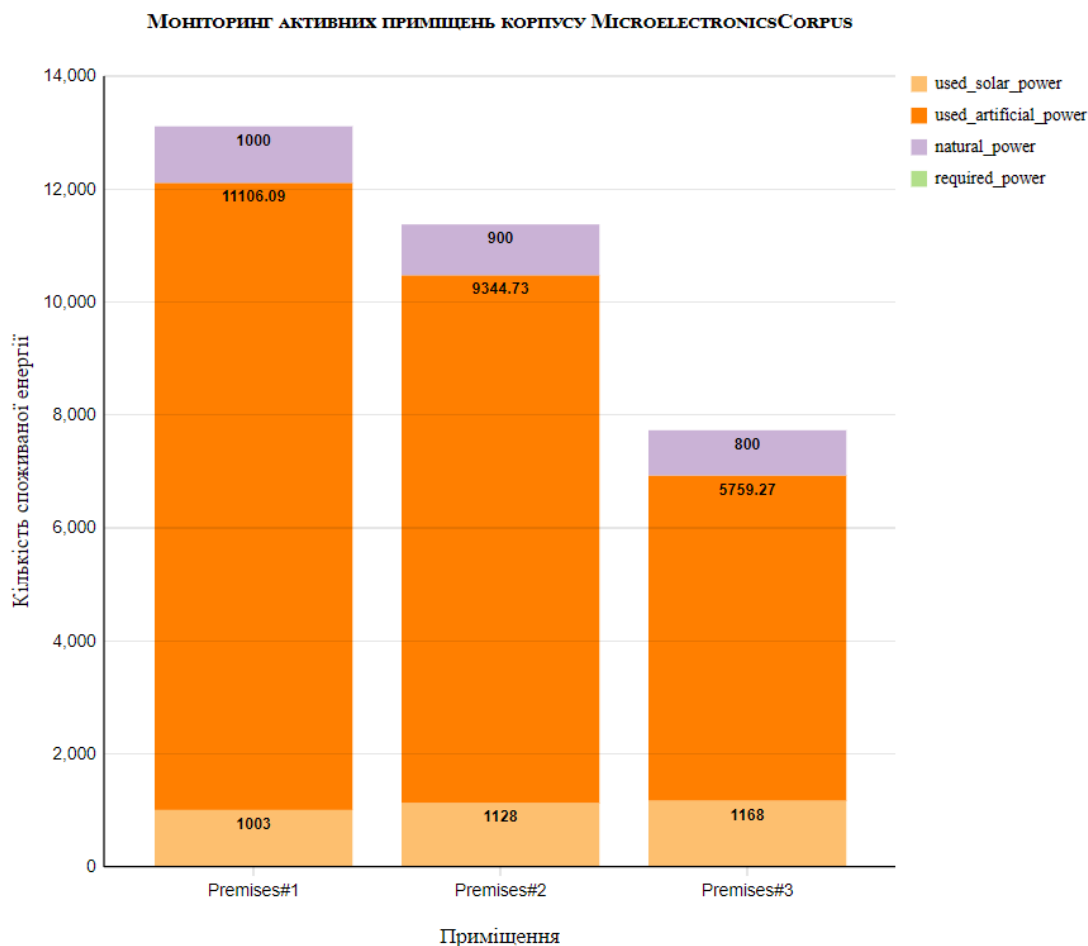


Рисунок 4.12 – Результати моніторингу роботи приміщень

#### 4.8 Висновки до 4 розділу

Були оглянуті основні типи архітектур програмних додатків. Для створення програмного додатку було обрано триланкову клієнт-серверну архітектуру. Проведено огляд сучасних веб-технологій, та мов програмування, що використовуються для створення веб-додатків. Мовою програмування серверної частини було обрано PHP з використанням фреймворку Laravel. Було створено додаток «Система управління світловими характеристиками виробничих приміщень». Проведено

експеримент з управління світловими характеристиками на ділянці мікроелектронних виробів за допомогою створеного додатку.

## ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасних типів виробництва, виявлені потреби до засобів автоматизації.

Розглянуті такі типи автоматизації як:

- інформаційні технології (ІТ);
- автоматизоване виробництво (САМ);
- устаткування з числовим програмним управлінням (NC);
- роботи;
- гнучкі виробничі системи (FMS);
- комп'ютерне інтегроване виробництво (СІМ).

Виявлено фактори, що впливають на доцільність використання тих чи інших засобів автоматизації. Проведено аналіз сучасних систем освітлення та систем управління освітленням. Були проаналізовані різні типи джерел освітлення, виявлені їх переваги та недоліки.

Розглянуто використання таких джерел альтернативного енергозабезпечення:

- сонячне електромагнітне випромінювання;
- кінетична енергія руху повітряних мас (вітер);
- кінетична енергія водного потоку (річки);
- енергія морських припливів і відливів;
- теплова енергія гарячих джерел.

Виявлено їх переваги та недоліки. В ході аналізу було виявлено, що в рамках даної задачі доцільним є використання сонячної енергії. Був оглянутий принцип роботи сонячної панелі. Зроблено висновок про основні переваги та недоліки систем енергопостачання, що базуються на використанні сонячних панелей.

Проведено аналіз факторів, від яких залежать норми освітлення приміщень та способи розрахунку необхідної кількості освітлення. Були проведені розрахунки природнього та штучного освітлення для виробничого приміщення.

Були оглянуті основні типи архітектури програмних додатків. Для створення програмного додатку було обрано триланкову клієнт-серверну архітектуру. Проведено огляд сучасних Web-технологій та мов програмування, що використовуються для створення Web-додатків. Мовою програмування серверної частини було обрано PHP з використанням фреймворку Laravel.

Результатом проведеного дослідження стало створення системи управління світловими характеристиками промислових приміщень із складною конфігурацією (тобто різною кількістю приміщень, режимом їх роботи, характеристиками природного освітлення та заданими параметрами освітлення). На основі розробленої системи управління освітленням було створено програмний продукт «Система управління світловими характеристиками виробничих приміщень».

За допомогою створеного програмного додатку проведено розрахунок інтегрованої системи освітлення приміщення, в якому здійснюється виробництво мікроелектронних виробів.

Результати проведеного дослідження були апробовані на міжнародній конференції «Виробництво & Мехатронні Системи 2020», та опубліковані тези доповіді на тему «Автоматизація і управління світловими характеристиками виробничих приміщень» [18].

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Невлюдов, І.Ш. дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [Текст] / І.Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, О. В. Токарева, Г. В. Пономарьова – Київ-58, пр. Космонавта Комарова, 1, 2016 – 320с.

2. ДСТУ 3008-15. документація. звіти у сфері науки і техніки. структура і правила оформлення [Текст] – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017 – 29 с.

3. Методичні вказівки до магістерської атестаційної роботи для студентів спеціальності 8.05090203 «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки» / Упоряд: І.Ш. Невлюдов, В.А. Палагін, Є.А. Разумов Фризюк, І.В. Жарікова. - Харків: ХНУРЕ. - 2011. - 49 с.

4. Уханова І. О. Розвиток технопаркових структур в системі забезпечення державної інноваційної політики в Україні [Текст]: дис. канд. ек. наук : 08.00.03 / Уханова Інна Олегівна – Одеса, 2014. – 211 с.

5. Іоффе К. І. Системи керування світлотехнічними пристроями : конспект лекцій для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Світлотехніка і джерела світла» [Текст] / К. І. Іоффе. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 68 с.

6. Современные системы автоматизации производства [Электронный ресурс]; - Режим доступа <https://wiseadvice-it.ru/o-kompanii/blog/articles/sovremennye-sistemy-avtomatizacii-proizvodstva/> - 22.09.2020 р. - Загл. з екрану.

7. Давиденко Ю. Н. Современная схемотехника в освещении. Эффективное электропитание люминесцентных, галогенных ламп, светодиодов, элементов Умного дома [Текст] / Ю. Н. Давиденко. – 2008. – 309 с

8. Теорія автоматичного керування : конспект лекцій із курсу [Текст] / П. П. Говоров, В. П. Говоров, В. О. Перепечений, О. В. Король. – Харків. : ХНУМГ, 2012.

9. Ву Т. З. Анализ систем автоматизированного управления умным домом [Текст] / Т. З. Ву // Молодой ученый. – 2011. – № 4. – Т.1. – С. 28–31.
10. Справочная книга по светотехнике [Текст] / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
11. Правила улаштування електроустановок – 5-те вид., [Текст] переробл. та доповн. – Х. : Видавництво «ІНДУСТРІЯ», 2016. – 924 с.
12. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006 : Держбуд України : затв. 15.05.06 : чинний з 1.10.2006. [Текст] – Київ. : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2006. – 76 с.
13. Зотин О. Т. Энергоресурсосберегающее управление наружным освещением. Возможные принципы построения и сравнительная оценка вариантов [Текст] / О. Т. Зотин, Н. О. Морозова // Светотехника. – 2010. – № 5. – С. 41– 50. 1
14. . Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [Текст]: навч. посіб. / І.О. Сінчук та ін.; за ред. д-ра техн. наук, проф. О.М. Сінчука. Кременчук: Щербатих О.В., 2013. 192 с
15. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]; - Режим доступа <https://ecodevelop.ua/ru/alternativni-dzherela-energiyi/> - 22.09.2020 р. - Загл. з екрану.
16. Фреймворки в веб-разработке [Электронный ресурс]; - Режим доступа [https://web-creator.ru/articles/about\\_frameworks](https://web-creator.ru/articles/about_frameworks) - 22.09.2020 р. - Загл. з екрану.
17. Разработка моделей и методов автоматизированной адаптации интерфейсов под потребности пользователей [Электронный ресурс]; - Режим доступа <http://masters.donntu.org/2019/fknt/ilyashenko/diss/index.htm> - 22.09.2020 р. - Загл. з екрану. - 22.09.2020 р. - Загл. з екрану.
18. Автоматизація і управління світловими характеристиками виробничих приміщень. [Текст] // Виробництво & Мехатронні Системи 2020. – 2020. – №4. – С. 11–15.