

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

«Порівняльне дослідження сучасних електричних джерел освітлення»

Виконав: студент VI курсу
групи Ен – 61 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Фесик З.Й.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Гошко М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Кригуль Р. Є.
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)
д.т.н., професор Калахан О. С.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2023_ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Фесику Зіновію Йосифовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Порівняльне дослідження сучасних електричних джерел освітлення»

керівник роботи к.т.н., доцент Гошко М.О.
(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП № 133 / к - с від 28.04.2023 р.

2. Строк подання студентом роботи 18.01.2024 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1 ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАМП

2 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4 СВІТЛО – ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент			

7. Дата видачі завдання 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАМП	28.04.2023 – 19.05.2023	
2	ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА	22.05.2023 – 8.09.2023	
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	11.09.2023 – 24.11.2023	
4	СВІТЛО – ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ	27.11.2023 – 8.12.2023	
5	ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ	11.12.2023 – 22.12.2023	
6	ЗАВЕРШЕННЯ ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ТА ПРЕЗЕНТАЦІЇ	25.12.2023 – 5.01.2024	
7	ЗАВЕРШЕННЯ РОБОТИ В ЦІЛОМУ	8.01.2023 – 18.01.2023	

Студент Фесик Зіновій Йосифович
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Гошко М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Фесик З.Й. «Порівняльне дослідження сучасних електричних джерел освітлення». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 57с. текстової частини, 16 таблиць, 14 рисунків, 13 джерел посилання.

Мета роботи: порівняння економічної доцільності використання різних електричних джерел світла, дослідження реальних характеристик різних типів ламп, та оцінка їх відповідності задекларованим даним.

Актуальність роботи: дефіцит електроенергії в Україні мотивує до впровадження сучасних енергоощадних джерел світла.

Об'єкт дослідження: сучасні електричні джерела світла.

Предмет дослідження: реальні характеристики сучасних електричних джерел світла.

Проведено порівняльне дослідження сучасних електричних джерел світла. Розглянуто основні типи джерел світла. Проведено дослідження та аналіз сучасних ламп.

Також розглянуто питання охорони праці. Задля визначення доцільності впровадження проведені техніко – економічні розрахунки.

Ключові слова: світлодіодні лампи, лампи розжарювання, КЛЛ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАМП.....	7
1.1 Лампи розжарювання.....	7
1.2 Люмінесцентні лампи.....	10
1.3 Світлодіодні лампи.....	14
1.4 Інші сучасні електричні джерела світла.....	17
2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА.....	23
3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ.....	34
3.1. Характеристика підприємства.....	34
3.2 Розрахунок мережі освітлення з лампами розжарення.....	36
3.3 Розрахунок мережі освітлення з світлодіодними лампами.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	48
4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій під час виконання робіт	48
4.2 Планування заходів з покращення охорони праці.....	50
4.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій.....	53
4.4 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення.....	56
4.5 Аналіз проблеми ртутного забруднення навколишнього середовища відходами розрядних ламп.....	58
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	66

ВСТУП

Загальні відомості про електричні джерела світла. Електричні джерела світла - це пристрої, які перетворюють електричну енергію в світлову. Вони використовуються для освітлення приміщень, вулиць, транспортних засобів та інших об'єктів.

Електричні джерела світла можна класифікувати за різними ознаками, наприклад, за принципом дії, будовою, спектром випромінювання, енергоефективністю, довговічністю та іншими параметрами.

За принципом дії електричні джерела світла поділяються на:

- Лампи розжарювання - найпростіший тип електричних джерел світла. Принцип дії ламп розжарювання полягає в нагріванні до високої температури металевого стрижня (вольфрамової нитки), який світиться відразу після нагріву.

- Люмінесцентні лампи - більш ефективні, ніж лампи розжарювання, джерела світла. Принцип дії люмінесцентних ламп полягає в збудженні атомів ртуті електричним струмом. При цьому виникає ультрафіолетове випромінювання, яке перетворюється в видиме світло за допомогою люмінофора.

- Світлодіодні лампи - найсучасніші та найефективніші джерела світла. Принцип дії світлодіодних ламп полягає в випромінюванні світла напівпровідниковими діодами.

За будовою електричні джерела світла поділяються на:

- Тверді - лампи розжарювання, люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи.

- Газорозрядні - натрієві лампи високого тиску, металогалогенні лампи, ртутні лампи високого тиску, ртутні лампи низького тиску, індукційні лампи, лампи на твердому тілі.

За спектром випромінювання електричні джерела світла поділяються на:

- Спектральні - лампи розжарювання, люмінесцентні лампи з люмінофором одного кольору.
- Амплітудні - люмінесцентні лампи з люмінофором з широким спектром випромінювання.
- Континуумні - газорозрядні лампи.

За енергоефективністю електричні джерела світла поділяються на:

- Малоефективні - лампи розжарювання.
- Ефективні - люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи.

За довговічністю електричні джерела світла поділяються на:

- Недовговічні - лампи розжарювання.
- Довговічні - люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи.

Актуальність теми.

Актуальність теми дипломної роботи полягає в тому, що електричні джерела світла є важливим елементом сучасної цивілізації. Вони використовуються в побуті, промисловості, транспорті та інших сферах життєдіяльності людини.

У останні роки спостерігається зростаючий інтерес до сучасних електричних джерел світла, таких як світлодіодні лампи. Це пов'язано з тим, що світлодіодні лампи мають ряд переваг перед традиційними джерелами світла, наприклад, більшою енергоефективністю та довговічністю.

1 ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАМП

1.3 Лампи розжарювання

Принцип дії ламп розжарювання.

Принцип дії ламп розжарювання полягає в нагріванні до високої температури металевого стрижня (вольфрамової нитки), який світиться відразу після нагріву.

Коли електричний струм проходить через вольфрамову нитку, вона нагрівається до температури близько 2700 градусів Цельсія. При такій температурі вольфрам починає світитися.

Світло, що випромінюється лампою розжарювання, має спектр, що збігається зі спектром сонячного світла. Однак, цей спектр не є рівномірним. Він має пік у червоній області спектра. Це означає, що лампи розжарювання дають тепле, жовте світло.

Будова ламп розжарювання.

Основними елементами лампи розжарювання є:

- Вольфрамова нитка - основне джерело світла. Вольфрам - це метал з високою температурою плавлення, тому він добре підходить для використання в лампах розжарювання.
- База - служить для кріплення лампи в патроні. База може бути різних типів, наприклад, E27, E14, GU10.
- Колба - захисна оболонка, запобігає окисненню вольфраму. Колба зазвичай виготовляється зі скла або кварцу.
- Газ - зазвичай, аргон або азот. Газ запобігає окисненню вольфраму і дає лампі більш тривалий термін служби.



Рисунок 1.1 – Будова лампи розжарення

Характеристики ламп розжарювання.

Основними характеристиками ламп розжарювання є:

- Світлова віддача - кількість світла, що випромінюється лампою за одиницю часу. Світлова віддача ламп розжарювання становить близько 10-20 люменів на ват.
- Енергоефективність - відношення світлової віддачі до споживаної потужності. Енергоефективність ламп розжарювання становить близько 5-10 люменів на ват.

- Довговічність - час роботи лампи до повного перегорання вольфрамової нитки. Довговічність ламп розжарювання становить близько 1000-2000 годин.

- Колірна температура - температура видимого світла, що випромінюється лампою. Колірна температура ламп розжарювання становить близько 2700-3000 кельвінів.

Переваги та недоліки ламп розжарювання

Переваги:

- Проста конструкція.
- Невисока вартість.
- Швидке включення.
- Можливість роботи в мережі змінного струму.

Недоліки:

- Низька енергоефективність.
- Короткий термін служби.
- Нерівномірний спектр випромінювання.
- Висока температура роботи.

Лампи розжарювання - це найпростіші і найдешевші електричні джерела світла. Однак, вони мають низьку енергоефективність і короткий термін служби. У останні роки лампи розжарювання все більше замінюються більш ефективними джерелами світла, такими як люмінесцентні і світлодіодні лампи.

Окрім основних характеристик, лампи розжарювання можуть мати і інші характеристики, такі як:

- Спектр випромінювання - може бути різним, наприклад, теплим, холодним або денним.
- Спектральна потужність - визначає, в якій частині спектра випромінюється найбільша кількість світла.

- Індекс відтворення кольору - визначає, наскільки точно лампа передає кольори.

Лампи розжарювання використовуються в різних сферах, наприклад, в побуті, промисловості, освітленні вулиць та транспортних засобів. Однак, у зв'язку з низькою енергоефективністю і коротким терміном служби, лампи розжарювання поступово замінюються більш ефективними джерелами світла.

1.4 Люмінесцентні лампи

Принцип дії люмінесцентних ламп.

Люмінесцентні лампи - це газорозрядні лампи, в яких світло випромінюється в результаті збудження атомів ртуті електричним струмом.

Коли електричний струм проходить через ртуть, що знаходиться в колбі лампи, вона збуджується і випромінює ультрафіолетове світло. Ультрафіолетове світло не видно неозброєним оком, але воно може бути перетворено в видиме світло за допомогою люмінофора. Люмінофор - це речовина, яка випромінює видиме світло під впливом ультрафіолетового випромінювання.

Спектр випромінювання люмінофора залежить від його складу. Люмінофори можуть бути різного кольору, наприклад, білого, холодного білого, теплого білого, синього, зеленого, червоного тощо.

Будова люмінесцентних ламп.

Основними елементами люмінесцентної лампи є:

- Колба - захисна оболонка, запобігає окисненню ртуті і люмінофора. Колба зазвичай виготовляється зі скла або кварцу.
- Ртутна трубка - містить ртуть і люмінофор. Ртутна трубка зазвичай виготовляється з кварцу.

- Стартер - служить для запуску лампи. Стартер є невеликою лампою розжарювання, яка створює імпульс струму, необхідний для збудження ртуті.

- Балласт - служить для обмеження струму в лампі. Балласт може бути електромагнітним або електронним.

Колба люмінесцентної лампи може бути різної форми і розміру. Найпоширеніші форми - це циліндрична і U-подібна. Розмір колби визначається її потужністю.

Колба люмінесцентної лампи виготовляється з різних матеріалів, наприклад, зі скла, кварцу або алюмінієвої фольги. Скло - це найдешевший і найпоширеніший матеріал. Кварц - це більш міцний і стійкий до високих температур матеріал. Алюмінієва фольга - це найлегший і найтонший матеріал, який дозволяє зменшити розмір лампи.

Ртутна трубка люмінесцентної лампи зазвичай виготовляється з кварцу. Кварц - це прозорий матеріал, який пропускає ультрафіолетове світло.

Ртутна трубка містить невелику кількість ртуті. Ртуть - це метал, який під впливом електричного струму випромінює ультрафіолетове світло.

Стартер люмінесцентної лампи є невеликою лампою розжарювання, яка створює імпульс струму, необхідний для збудження ртуті.

Стартер складається з нитки розжарювання і двох контактів. Коли в стартер подається напруга, нитка розжарюється і створює імпульс струму, який збуджує ртуть в лампі.

Балласт люмінесцентної лампи служить для обмеження струму в лампі. Балласт також може забезпечувати запуск лампи і її роботу в стабільному режимі.

Балласт може бути електромагнітним або електронним.

- Електромагнітний балласт - це найпростіший і найдешевший тип балласту. Він складається з дроту і котушки індуктивності.

- Електронний балласт - це більш складний і дорогий тип баласту.

Він складається з електронних компонентів, які забезпечують більш плавний запуск лампи і її роботу в стабільному режимі.

Люмінесцентні лампи - це ефективні джерела світла, які мають ряд переваг перед лампами розжарювання. Однак, вони мають і деякі недоліки, наприклад, необхідність використання баласту і затримку включення.

Характеристики люмінесцентних ламп.

Люмінесцентні лампи мають ряд характеристик, які відрізняють їх від інших типів електричних джерел світла.

Однією з основних характеристик люмінесцентних ламп є світлова віддача. Світлова віддача - це кількість світла, що випромінюється лампою за одиницю часу. Світлова віддача люмінесцентних ламп становить близько 50-100 люменів на ват. Це в 5-10 разів більше, ніж світлова віддача ламп розжарювання.

Іншою важливою характеристикою люмінесцентних ламп є енергоефективність. Енергоефективність - це відношення світлової віддачі до споживаної потужності. Енергоефективність люмінесцентних ламп становить близько 20-30 люменів на ват. Це в 2-3 рази більше, ніж енергоефективність ламп розжарювання.

Довговічність люмінесцентних ламп також значно вище, ніж у ламп розжарювання. Довговічність люмінесцентних ламп становить близько 8000-12000 годин. Це в 10-20 разів більше, ніж термін служби ламп розжарювання.

Люмінесцентні лампи також мають рівномірний спектр випромінювання. Це означає, що люмінесцентні лампи випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла.

Люмінесцентні лампи можуть створювати світло різної коліристики. Це досягається за допомогою різних типів люмінофорів.

Переваги та недоліки люмінесцентних ламп

Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання:

Переваги:

- Вища енергоефективність - люмінесцентні лампи споживають менше енергії, ніж лампи розжарювання, що дозволяє заощадити на витратах на електроенергію.
- Більша довговічність - люмінесцентні лампи служать довше, ніж лампи розжарювання, що дозволяє рідше їх міняти.
- Рівномірний спектр випромінювання - люмінесцентні лампи випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла, що забезпечує більш комфортне освітлення.
- Можливість створення світла різної колористики - люмінесцентні лампи можуть випускати світло різного кольору, що дозволяє створювати різні атмосфери в приміщеннях.

Недоліки:

- Більш високу вартість - люмінесцентні лампи коштують дорожче, ніж лампи розжарювання.
- Необхідність використання баласту - люмінесцентні лампи не можуть працювати без баласту, який забезпечує їх запуск і роботу в стабільному режимі. Баласт може бути електромагнітним або електронним. Електромагнітні баласты є більш простими і дешевими, але вони створюють шум і вібрацію. Електронні баласты є більш складними і дорогими, але вони забезпечують більш плавний запуск лампи і її роботу в стабільному режимі.
- Затримка включення - люмінесцентним лампам потрібно деякий час для розігріву люмінофора, тому вони мають затримку включення. Затримка включення становить близько 1-3 секунд.
- Висока токсичність ртуті - люмінесцентні лампи містять невелику кількість ртуті, яка є токсичною речовиною. При розбитті лампи ртуть може потрапити в навколишнє середовище, що може

становити небезпеку для здоров'я людини і навколишнього середовища.

1.3 Світлодіодні лампи

Принцип дії світлодіодних ламп.

Світлодіодні лампи - це джерела світла, в яких світло випромінюється в результаті рекомбінації носіїв зарядів в напівпровіднику.

Напівпровідник - це матеріал, який має проміжні значення провідності між провідником і діелектриком. У напівпровіднику існують два типи носіїв зарядів: електрони і дірки. Електрони - це негативно заряджені частинки, а дірки - це позитивно заряджені області в кристалічній решітці, які можуть бути зайняті електронами.

Коли до напівпровідника прикладається електричне поле, електрони і дірки можуть рекомбінувати. При цьому звільняється енергія, яка виділяється у вигляді світла.

Колір світла, що випромінюється світлодіодом, залежить від типу напівпровідника, з якого він виготовлений. Наприклад, світлодіоди, виготовлені з індію, випромінюють червоне світло, а світлодіоди, виготовлені з фосфиду галію, випромінюють зелене світло.

Будова світлодіодних ламп.

Світлодіодні лампи складаються з наступних основних елементів:

- Світлодіодна матриця - це основна частина світлодіодної лампи, яка виробляє світло. Світлодіодна матриця складається з великої кількості світлодіодів, які розташовані в певному порядку.
- Оптичний елемент - це елемент, який фокусує світло від світлодіодної матриці. Оптичний елемент може бути виконаний у вигляді лінзи, призми або рефлектора.

- Підкладка - це елемент, на якому закріплені світлодіодна матриця та оптичний елемент. Підкладка може бути виконана з різних матеріалів, наприклад, з пластику або металу.

Світлодіодна матриця може бути виконана в різних формах і розмірах. Найпоширеніша форма світлодіодної матриці - це плоска панель. Розмір світлодіодної матриці визначається її потужністю і призначенням лампи.

Світлодіоди, які використовуються в світлодіодних лампах, можуть мати різні розміри і потужність. Чим більший розмір світлодіода, тим більшу потужність він може виробляти.

Оптичний елемент може бути виконаний у вигляді лінзи, призми або рефлектора.

Лінза фокусує світло від світлодіодної матриці в певну точку. Призма розсіює світло від світлодіодної матриці в різних напрямках. Рефлектор відбиває світло від світлодіодної матриці в певному напрямку.

Підкладка виконує роль опори для світлодіодної матриці та оптичного елемента. Підкладка також може забезпечувати тепловідвід від світлодіодної матриці.

Підкладка може бути виконана з різних матеріалів, наприклад, з пластику або металу. Пластикові підкладки є більш легкими і дешевими, але вони мають меншу теплопровідність. Металеві підкладки є більш важкими і дорогими, але вони мають більшу теплопровідність.

Світлодіодні лампи - це сучасні джерела світла, які мають ряд переваг перед іншими типами електричних джерел світла. Світлодіодні лампи мають високу енергоефективність, довговічність і рівномірний спектр випромінювання. Вони також не містять шкідливих речовин, таких як ртуть.

Світлодіодні лампи все більше замінюють лампи розжарювання та люмінесцентні лампи в різних сферах застосування, таких як освітлення будинків, офісів, промислових об'єктів, транспортних засобів тощо.

Характеристики світлодіодних ламп

Світлодіодні лампи мають ряд характеристик, які відрізняють їх від інших типів електричних джерел світла.

Однією з основних характеристик світлодіодних ламп є світлова віддача. Світлова віддача - це кількість світла, що випромінюється лампою за одиницю часу. Світлова віддача світлодіодних ламп становить близько 100-200 люменів на ват. Це в 20-40 разів більше, ніж світлова віддача ламп розжарювання.

Іншою важливою характеристикою світлодіодних ламп є енергоефективність. Енергоефективність - це відношення світлової віддачі до споживаної потужності. Енергоефективність світлодіодних ламп становить близько 100-150 люменів на ват. Це в 20-30 разів більше, ніж енергоефективність ламп розжарювання.

Довговічність світлодіодних ламп також значно вище, ніж у ламп розжарювання. Довговічність світлодіодних ламп становить близько 25000-50000 годин. Це в 10-20 разів більше, ніж термін служби ламп розжарювання.

Світлодіодні лампи також мають рівномірний спектр випромінювання. Це означає, що світлодіодні лампи випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла.

Світлодіодні лампи можуть створювати світло різної коліристики. Це досягається за допомогою різних типів світлодіодів.

Переваги та недоліки світлодіодних ламп.

Світлодіодні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання і люмінесцентними лампами:

Переваги:

- Вища енергоефективність - світлодіодні лампи споживають менше енергії, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи, що дозволяє заощадити на витратах на електроенергію.

- Більша довговічність - світлодіодні лампи служать довше, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи, що дозволяє рідше їх міняти.

- Рівномірний спектр випромінювання - світлодіодні лампи випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла, що забезпечує більш комфортне освітлення.

- Можливість створення світла різної колористики - світлодіодні лампи можуть випускати світло різного кольору, що дозволяє створювати різні атмосфери в приміщеннях.

- Не містять шкідливих речовин, таких як ртуть - світлодіодні лампи не містять шкідливих речовин, таких як ртуть, що робить їх більш безпечними для навколишнього середовища.

Однак, світлодіодні лампи також мають деякі недоліки.

Недоліки:

- Вартість - світлодіодні лампи коштують дорожче, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. Однак, з часом вартість світлодіодних ламп знижується, тому цей недолік стає менш значимим.

- Затримка включення - світлодіодним лампам потрібно деякий час для розігріву світлодіодів, тому вони мають затримку включення. Затримка включення становить близько 0,1-0,5 секунд. Цей недолік не є критич

1.4 Інші сучасні електричні джерела світла

Газорозрядні лампи.

Газорозрядні лампи - це джерела світла, в яких світло випромінюється в результаті електричного розряду в газі.

Газорозрядні лампи бувають різних типів, залежно від типу газу, який використовується в них.

Натрієві лампи високого тиску.

Натрієві лампи високого тиску - це тип газорозрядних ламп, в яких використовується натрієвий газ.

Натрієві лампи високого тиску мають високу світлову віддачу, яка становить близько 200-250 люменів на ват. Вони також мають довгий термін служби, який становить близько 25000-50000 годин.

Натрієві лампи високого тиску випромінюють світло жовтого кольору, яке має високу яскравість. Вони часто використовуються для освітлення вулиць, доріг, промислових об'єктів тощо.

Металогалогенні лампи.

Металогалогенні лампи - це тип газорозрядних ламп, в яких використовується суміш газів, що містить метали, такі як ртуть, йод і бром.

Металогалогенні лампи мають високу світлову віддачу, яка становить близько 100-150 люменів на ват. Вони також мають довгий термін служби, який становить близько 10000-20000 годин.

Металогалогенні лампи випромінюють світло білого кольору, яке має високу яскравість. Вони часто використовуються для освітлення торгових центрів, складів, виробничих об'єктів тощо.

Індукційні лампи.

Індукційні лампи - це тип газорозрядних ламп, в яких світло випромінюється в результаті електромагнітного поля.

Індукційні лампи мають високу світлову віддачу, яка становить близько 100-150 люменів на ват. Вони також мають довгий термін служби, який становить близько 50000-100000 годин.

Індукційні лампи випромінюють світло білого кольору, яке має високу яскравість. Вони часто використовуються для освітлення офісів, торгових центрів, виробничих об'єктів тощо.

Лампи на твердому тілі

Лампи на твердому тілі - це тип газорозрядних ламп, в яких світло випромінюється в результаті нагрівання твердого тіла до високої температури.

Лампи на твердому тілі мають високу світлову віддачу, яка становить близько 100-200 люменів на ват. Вони також мають довгий термін служби, який становить близько 25000-50000 годин.

Лампи на твердому тілі можуть випромінювати світло різного кольору, залежно від типу використовуваного твердого тіла. Вони часто використовуються для освітлення сцен, концертів, театрів тощо.

Загальні характеристики інших сучасних електричних джерел світла

Окрім ламп розжарювання, люмінесцентних ламп і світлодіодних ламп, існує ряд інших сучасних електричних джерел світла, які мають свої переваги та недоліки.

У цілому, інші сучасні електричні джерела світла є перспективними і мають потенціал для заміни ламп розжарювання і люмінесцентних ламп.

Це пов'язано з наступними факторами:

- Вища енергоефективність. Інші сучасні джерела світла мають вищу світлову віддачу, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. Це означає, що вони споживають менше енергії, що призводить до заощадження коштів на електроенергію.

- Більша довговічність. Інші сучасні джерела світла мають більш тривалий термін служби, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. Це означає, що їх потрібно рідше міняти, що також призводить до заощадження коштів.

- Рівномірний спектр випромінювання. Інші сучасні джерела світла випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла. Це забезпечує більш комфортне освітлення для очей.

- Можливість створення світла різної колористики. Інші сучасні джерела світла можуть створювати світло різного кольору, що дозволяє створювати різні атмосфери в приміщеннях.

Однак, ці джерела світла також мають деякі недоліки, які необхідно враховувати:

- Висока вартість. Інші сучасні джерела світла, як правило, дорожчі, ніж лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. Однак, вартість цих джерел світла знижується з часом, тому цей недолік стає менш значущим.

- Затримка включення. Деякі інші сучасні джерела світла, наприклад, натрієві лампи високого тиску, мають затримку включення. Це означає, що вони не включаються миттєво, що може бути дратівливим в деяких випадках.

- Можливі проблеми з тепловідводом. Інші сучасні джерела світла, наприклад, металогалогенні лампи, можуть створювати багато тепла. Це може призвести до проблем з тепловідводом, якщо не забезпечити ефективний охолодження.

Незважаючи на ці недоліки, інші сучасні джерела світла мають ряд переваг, які роблять їх перспективними для заміни ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. У міру зниження вартості цих джерел світла і вирішення проблем з тепловідводом, вони, швидше за все, будуть все більше використовуватися в різних сферах застосування.

Загальний висновок до розділу

Сучасні електричні джерела світла є значним прогресом у порівнянні з традиційними джерелами світла. Вони мають ряд переваг, які роблять їх більш ефективними, довговічними та комфортними для очей.

Однією з найважливіших переваг сучасних джерел світла є їх висока енергоефективність. Світлодіодні лампи, наприклад, споживають вдвічі менше енергії, ніж люмінесцентні лампи, і в три рази менше, ніж лампи розжарювання. Це означає, що використання сучасних джерел світла може призвести до значних заощаджень коштів на електроенергію.

Іншою важливою перевагою сучасних джерел світла є їх довговічність. Світлодіодні лампи можуть служити до 25 000 годин, що в 10-20 разів більше, ніж термін служби люмінесцентних ламп. Це означає, що їх потрібно рідше міняти, що також призводить до заощаджень коштів.

Крім того, сучасні джерела світла випромінюють світло з рівномірною яскравістю по всьому спектру видимого світла. Це забезпечує більш комфортне освітлення для очей, ніж традиційні джерела світла, які випромінюють світло з нерівномірною яскравістю.

Нарешті, сучасні джерела світла можуть створювати світло різного кольору. Це дозволяє створювати різні атмосфери в приміщеннях.

У цілому, сучасні електричні джерела світла є більш ефективними, довговічними та комфортними для очей, ніж традиційні джерела світла. Вони мають значний потенціал для заміни традиційних джерел світла в різних сферах застосування.

Огляд перспектив розвитку сучасних електричних джерел світла

У міру зниження вартості сучасних джерел світла, вони, швидше за все, будуть все більше використовуватися в різних сферах застосування. Світлодіодні лампи, як найбільш перспективні з сучасних джерел світла,

будуть, швидше за все, витісняють традиційні джерела світла з більшості сфер застосування.

Однак, інші сучасні джерела світла, такі як натрієві лампи високого тиску, металогалогенні лампи, індукційні лампи та лампи на твердому тілі, також мають свої переваги та будуть, швидше за все, продовжувати використовуватися в певних сферах застосування.

Наприклад, натрієві лампи високого тиску будуть, швидше за все, залишатися популярним вибором для освітлення вулиць і доріг, оскільки вони мають високу світлову віддачу і довгий термін служби. Металогалогенні лампи будуть, швидше за все, продовжувати використовуватися в освітленні торгових центрів, складів і виробничих об'єктів, оскільки вони мають високу світлову віддачу і яскравість. Індукційні лампи будуть, швидше за все, продовжувати використовуватися в освітленні офісів, торгових центрів і виробничих об'єктів, оскільки вони мають високу світлову віддачу і довгий термін служби. Лампи на твердому тілі будуть, швидше за все, продовжувати використовуватися в освітленні сцен, концертів і театрів, оскільки вони можуть створювати світло різного кольору.

У цілому, сучасні електричні джерела світла представляють собою значний прогрес у порівнянні з традиційними джерелами світла. Вони мають ряд переваг, які роблять їх більш ефективними, довговічними та комфортними для очей. У міру зниження вартості сучасних джерел світла, вони, швидше за все, будуть все більше використовуватися в різних сферах застосування.

2 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА



Рисунок 2.1 – Дослідження характеристик джерел світла на експериментальному стенді

Компактна люмінісцентна лампа Global



Рисунок 2.2 – КЛЛ лампа Global

Таблиця 2.1 - Результати досліджень характеристик лампи Global

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с°	% Пульс	S
200	0.075	745	15	49.7	0.75	65	8	9
210	0.075	749	15.75	47.6	0.78	69	7	9
220	0.08	754	16.5	45.7	0.82	69	7	9
230	0.08	785	18.4	42.7	0.92	74	6	9
240	0.08	860	19.2	44.8	0.96	79	5	15

Світлодіодна лампа Philips



Рисунок 2.3 – Світлодіодна лампа Philips

Таблиця 2.2 - Результати досліджень характеристик лампи Philips

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, °C	% Пульс	S
200	0.02	1000	4	250.0	0.4	27	1	1
210	0.025	1340	5.25	255.2	0.5	30	1.5	1.5
220	0.025	1470	5.5	267.3	0.6	31	2	2
230	0.03	1470	6.9	213.0	0.7	32	2	2
240	0.03	1460	7.2	202.8	0.7	32	2	2

Лампа розжарення OSRAM



Рисунок 2.2 – Лампа розжарення OSRAM

Таблиця 2.3 - Результати досліджень характеристик лампи розжарення OSRAM

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с	% Пульс
200	0.25	620	50	12.4	0.8	80	7.8
210	0.25	700	52.5	13.3	0.9	88	8.5
220	0.25	760	55	13.8	0.9	101	9.2
230	0.25	860	57.5	15.1	1.0	110	9.5
240	0.27	1014	66	15.4	1.1	114	10.6

Таблиця 2.4 - Залежність сили струму від напруги

U, В	I, А КЛЛ	I, А СД	I, А ЛР
200	0,075	0,02	0,25
210	0,075	0,025	0,25
220	0,08	0,025	0,25
230	0,08	0,03	0,25
240	0,08	0,03	0,27

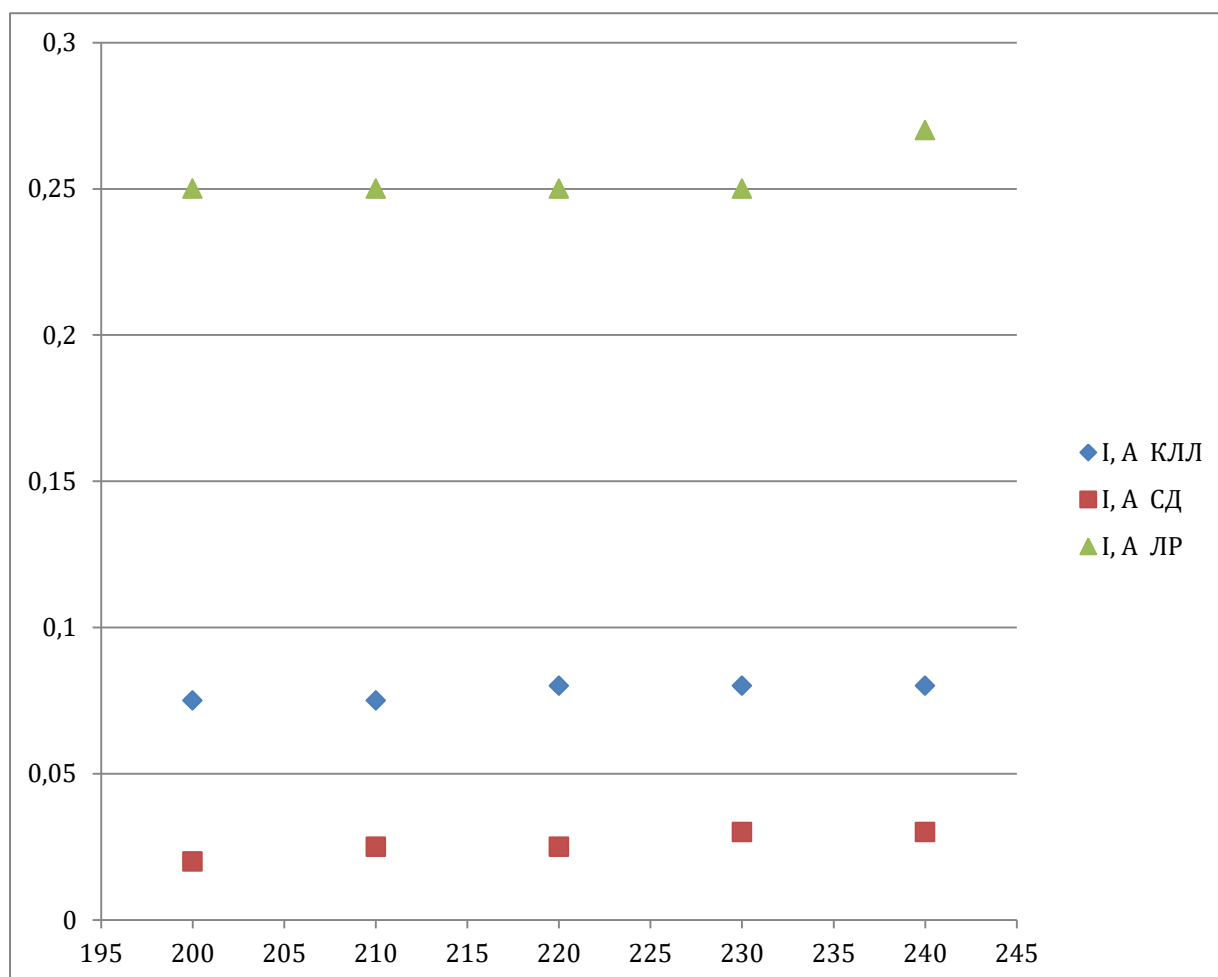


Рисунок 2.5 – Залежність сили струму від напруги

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 0.25А, найменше у СД ламп, відповідно 0,03А.

Таблиця 2.5 - Залежність потужності від напруги

U, В	P, Вт КЛЛ	P, Вт СД	P, Вт ЛР
200	15	4	50
210	15,75	5,25	52,5
220	16,5	5,5	55
230	18,4	6,9	57,5
240	19,2	7,2	66

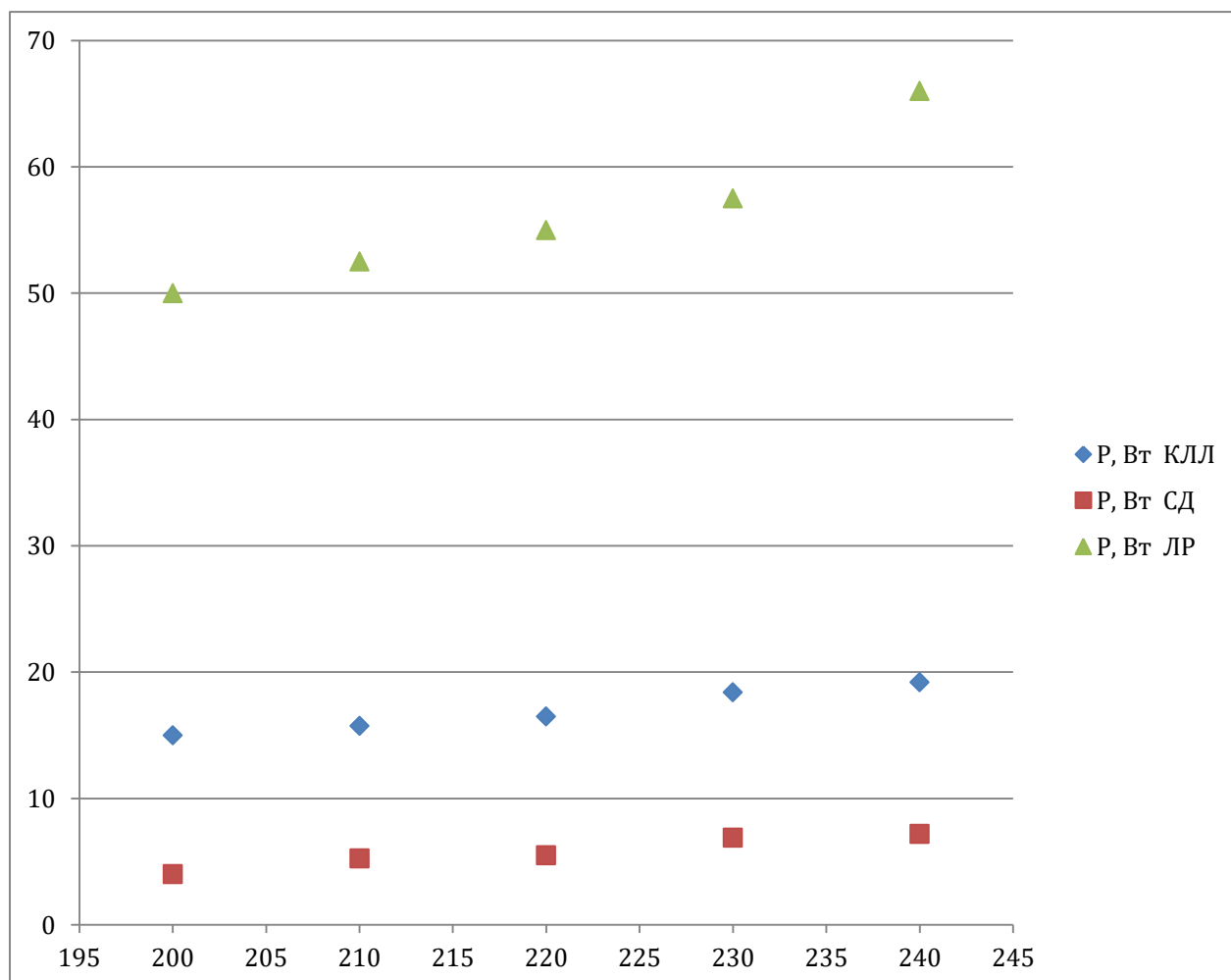


Рисунок 2.6 – Залежність потужності від напруги

Як ми бачимо найбільше значення потужності при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 57,5Вт, найменше у СД ламп, відповідно 6,9Вт.

Таблиця 2.6 - Залежність освітленості від напруги

U, В	Е. Lx КЛЛ	Е. Lx СД	Е. Lx ЛР
200	745	1000	620
210	749	1340	700
220	754	1470	760
230	785	1470	860
240	860	1460	1014

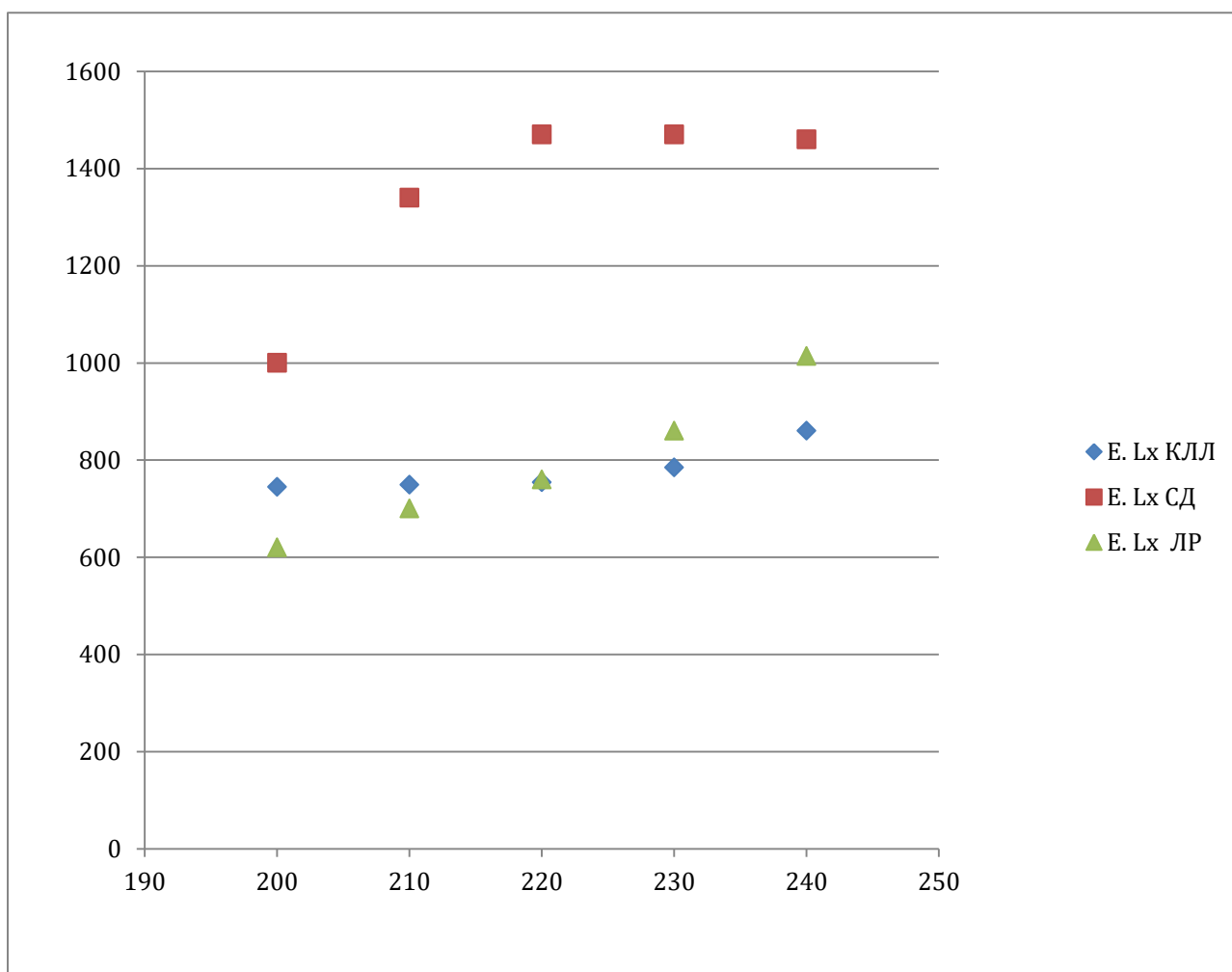


Рисунок 2.7 – Залежність освітленості від напруги

Як ми бачимо найбільше значення освітленості при номінальній напрузі 230В є у СД ламп і становить 1470 Lx, найменше у КЛЛ ламп, відповідно 785 Lx.

Таблиця 2.7 - Залежність температури від напруги

U, В	t, ° КЛЛ	t, ° СД	t, ° ЛР
200	65	27	80
210	69	30	88
220	69	31	101
230	74	32	110
240	79	32	114

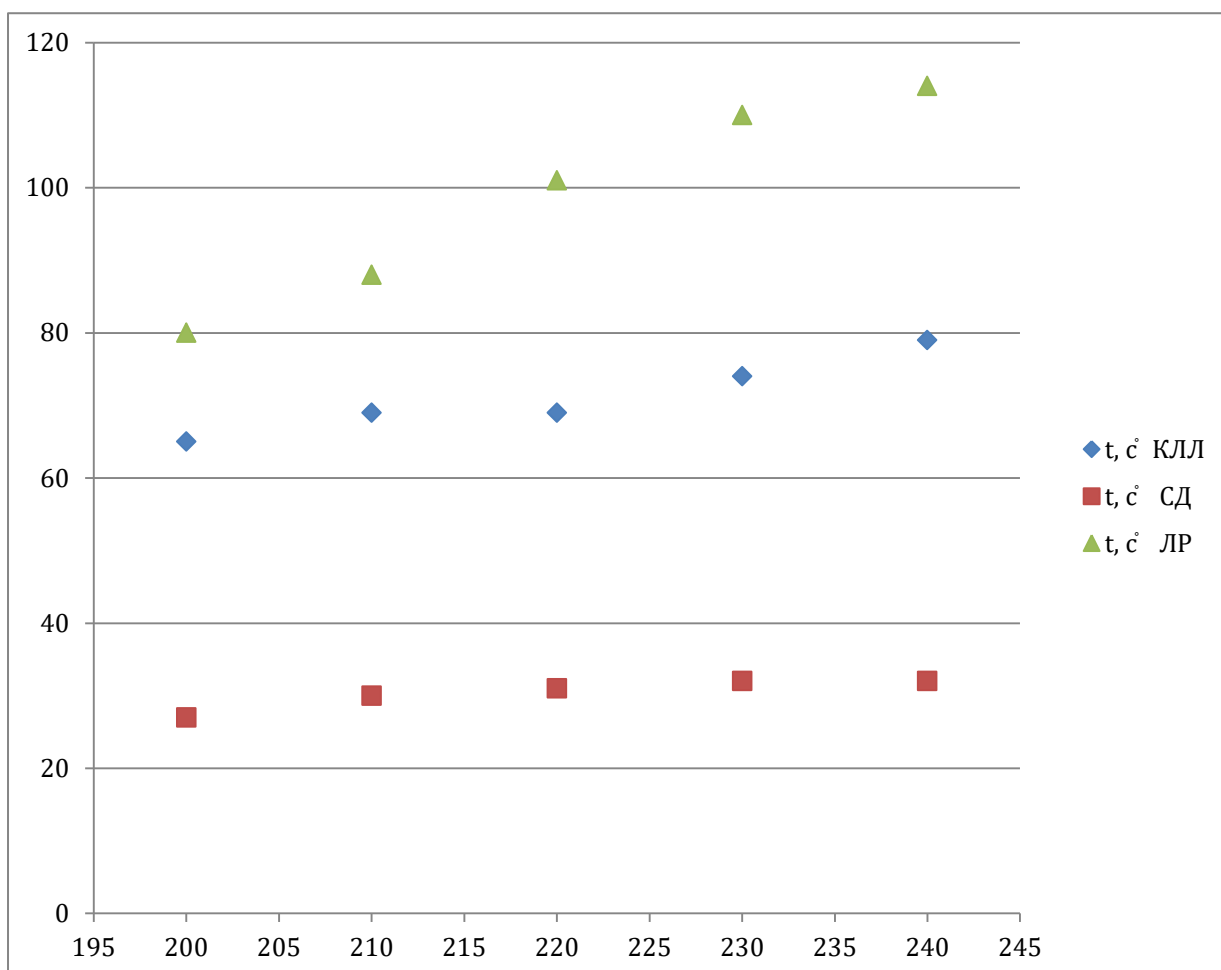


Рисунок 2.8 – Залежність температури. від напруги

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 110 °C, найменше у СД ламп, відповідно 32 °C.

Таблиця 2.8 - Залежність пульсації світлового потоку від напруги

U, В	% Пульс КЛЛ	% Пульс СД	% Пульс ЛР
200	8	1	7,8
210	7	1,5	8,5
220	7	2	9,2
230	6	2	9,5
240	5	2	10,6

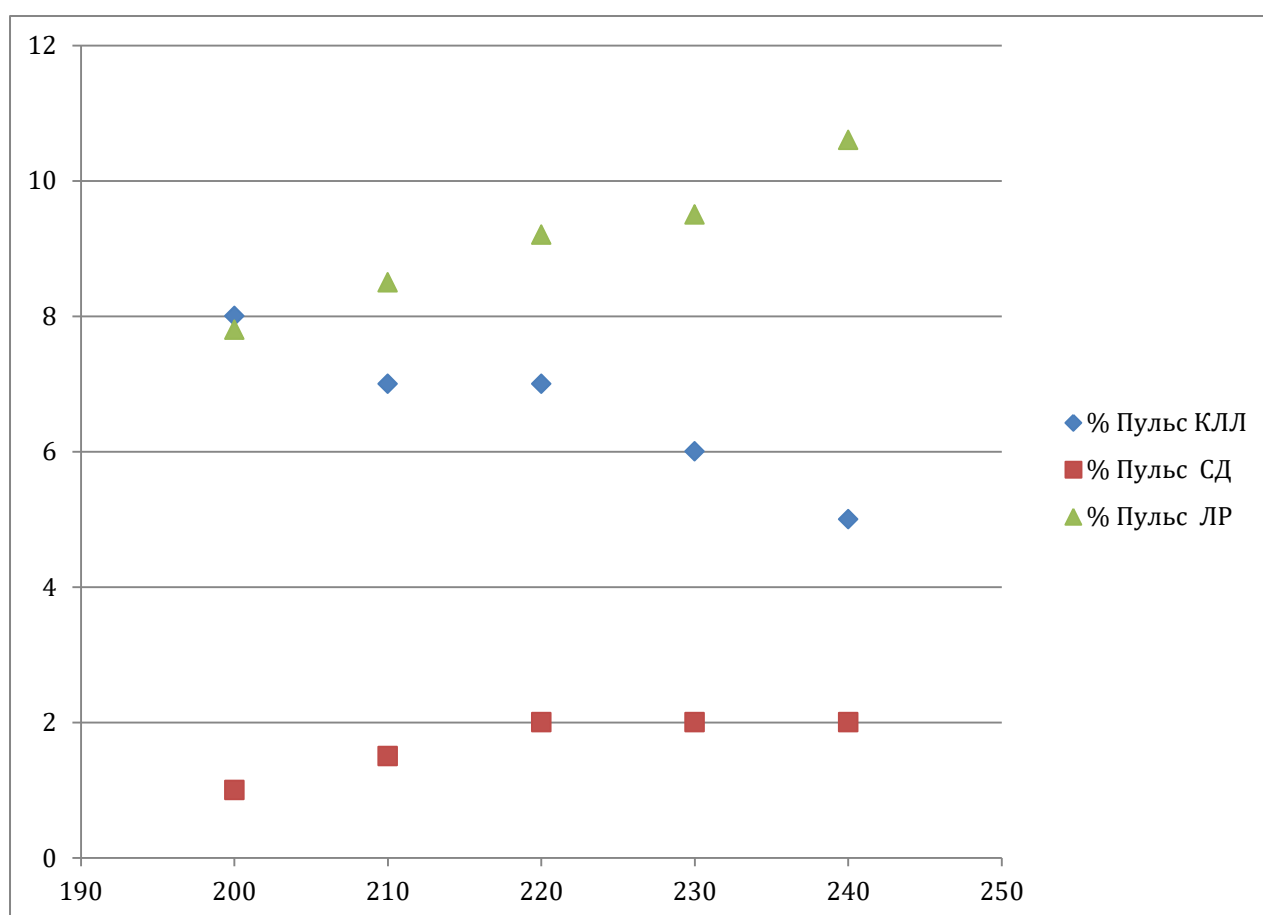


Рисунок 2.9 – Залежність пульсації світлового потоку від напруги

Як ми бачимо найбільше значення пульсації світлового потоку при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 9.5%, найменше у СД ламп, відповідно 2%.

Висновки до розділу

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 0.25А, найменше у СД ламп, відповідно 0,03А.

Як ми бачимо найбільше значення потужності при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 57,5Вт, найменше у СД ламп, відповідно 6,9Вт.

Як ми бачимо найбільше значення освітленості при номінальній напрузі 230В є у СД ламп і становить 1470 Lx, найменше у КЛЛ ламп, відповідно 785 Lx.

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 110 °С, найменше у СД ламп, відповідно 32 °С.

Як ми бачимо найбільше значення пульсації світлового потоку при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 9.5%, найменше у СД ламп, відповідно 2%.

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В є у СД і становить 213 Lx/Вт, найменше у ЛР, відповідно 15.1 Lx/Вт.

Як ми бачимо найбільше значення $\cos\phi$ при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 1, найменше у СД ламп, відповідно 0,7.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій під час виконання робіт

Одним із основних пунктів виконання даної кваліфікаційної роботи – є дослідження і оптимізація показників вибраного нами темою роботи енергетичного процесу. У нашому випадку, йдеться мова про визначення основних електричних і світлотехнічних показників досліджуваних нами джерел світла. Дослідження вище вказаних характеристик проводилося на підставі стандартних методик і рекомендацій.

В якості необхідного устаткування використовувались такі прилади: стабілізоване джерело живлення ЛАТР, контрольно – вимірювальні прилади (амперметр, вольтметр, ватметр, фазометр), освітлювальні прилади (джерела світла), пуско – регулююча апаратура ПРА, з'єднувальні провідники, патрон з цоколем E27, люксметр Ю – 16, цифровий люксметр УТ 232, тощо.

Аналізуючи технологічний процес вимірювання, а також враховуючи ступінь безпечності обладнання, яке використовується, можна висунути гіпотезу про те, що однією із можливих травмонебезпечних ситуацій під час виконання поставлених задач, є ураження електричним струмом студента за наявності дотику останнього до струмопровідних частин електричної схеми і корпусу освітлювальної установки.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової події до ураження електричним струмом можуть бути такими:

- наявність струму у колах електричної схеми та на корпусі установки;
- відсутність захисного заземлення;
- пошкодження ізоляції;
- недотримання правил техніки безпеки і норм охорони праці;

- безвідповідальність (халатність) студента;
- низький рівень кваліфікації студента;
- невикористання ЗІЗ та відповідного інструменту;
- граничне перевантаження вимірювальних приладів;
- неправильна експлуатація електрообладнання.

Однією із можливих травмонебезпечних ситуацій під час виконання досліджень, є опік частин тіла при експлуатації газорозрядних ламп як високого, так і низького тисків, внаслідок випадкового дотику до них під час їх роботи.

Проаналізувавши можливі травматичні ситуації під час проведення досліджень можна сказати, що нещасні випадки в основному виникають через організаційні причини, а це пов'язано з незадовільною організацією праці в на робочому місці – відсутність проекту робіт; інструкцій з охорони праці; незадовільний нагляд за небезпечними видами робіт; незадовільний режим праці і відпочинку; неправильна організація робочих місць, відсутність або невідповідність умовам праці спецодягу, ЗІЗ, відсутність інструктажів, навчання, контролю з охорони праці та ін.,незадовільним утриманням робочих місць).

Серед технологічних і технічних причин травматизму найбільшу долю складають: невірний вибір обладнання, експлуатація несправних машин та механізмів, відсутність засобів безпеки, технічних доглядів і ремонтів обладнання, несправність обладнання.

Для нашого випадку можна назвати такі можливі заходи для запобігання появи травмонебезпечних ситуацій:

- збільшення фінансування на заходи з охорони праці;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

3.2 Планування заходів з покращення охорони праці

До заходів щодо покращення умов праці можна віднести всі види людської діяльності, які спрямовані на попередження, нейтралізацію або зменшення

До заходів щодо покращення умов праці можна віднести всі види людської діяльності, які спрямовані на попередження, нейтралізацію або зменшення негативної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників.

В якості прикладів заходів щодо поліпшення умов охорони праці та зниження рівня професійних ризиків можна назвати наступні:

- 1) вдосконалення технологічних процесів з метою усунення впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- 2) впровадження систем автоматичного контролю і сигналізації рівнів небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях;
- 3) зниження до регламентованих рівнів шкідливих речовин у повітрі робочої зони, несприятливо діючих механічних коливань (шуму, вібрації, ультра звуку і ін.) і випромінювань;
- 4) вдосконалення наявних засобів колективного захисту працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- 5) перепланування розміщення виробничого устаткування, організація робочих місць з метою забезпечення безпеки працівників;
- 6) нанесення на виробниче обладнання (органи управління і контролю, елементи конструкції), комунікації та на інші об'єкти сигнальних кольорів і знаків безпеки;
- 7) заходи, пов'язані із забезпеченням працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, а також на роботах в особливих температурних і кліматичних умовах або пов'язаних

із забрудненням, спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

8) організація навчання, інструктажу, перевірки знань з ОП працівників;

9) організація кабінетів, пересувних лабораторій, придбання для них необхідних приладів, наочних посібників, демонстраційної апаратури тощо, проведення виставок з охорони праці;

10) придбання та монтаж засобів сигналізації про порушення нормального функціонування виробничого обладнання, засобів аварійної зупинки, а також пристроїв, що дозволяють виключити виникнення небезпечних ситуацій при повному або частковому припиненні енергопостачання і подальшому його відновленні;

11) влаштування огорожі елементів виробничого устаткування від впливу рухомих частин, а також розлітаються предметів, включаючи наявність фіксаторів, блокувань, герметизуючих та інших елементів;

12) встановлення запобіжних, захисних та сигнальних пристроїв (пристроїв) з метою забезпечення безпеки експлуатації та аварійного захисту парових, водяних, газових та інших виробничих комунікацій, обладнання та споруд;

13) механізація прибирання виробничих приміщень, своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, що є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів, очищення повітроводів і вентиляційних установок, освітлювальної арматури, вікон, фрамуг, світлових ліхтарів;

14) модернізація устаткування, а також технологічних процесів на робочих місцях з метою зниження до допустимих рівнів вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони, механічних коливань (шум, вібрація, повітряний ультразвук, інфразвук) і випромінювань;

15) приведення рівнів природного та штучного освітлення на робочих місцях, в побутових приміщеннях відповідно до діючих норм;

16) проведення обов'язкових попередніх та періодичних медичних оглядів (обстежень).

У нашому ж випадку, при виконанні робіт у навчальній лабораторії університету, можна привести такі рекомендації щодо заходів з техніки безпеки під час дослідження джерел світла:

- Починайте виконувати завдання тільки з дозволу викладача. Виконуйте тільки ту роботу, що передбачена завданням або доручена викладачем.

- Розміщуйте прилади, матеріали, обладнання на своєму робочому місці так, щоб запобігти їх падінню або перекиданню.

- Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів.

- Стежте за справністю всіх кріплень у приладах і пристроях. Не доторкайтесь до обертових частин машин і не нахиляйтесь над ними.

- Для складання експериментальних установок користуйтеся провідниками (з кінцевиками і чохлами) з міцною ізоляцією без видимих пошкоджень.

- Складаючи електричне коло, уникайте перетину провідників; забороняється користуватися провідниками із спрацьованою ізоляцією і вимикачами відкритого типу.

- Джерело струму в електричне коло вмикайте в останню чергу. Складене коло вмикайте тільки після перевірки і з дозволу викладача. Наявність напруги в колі можна перевіряти тільки приладами або покажчиками напруги.

- Не доторкайтесь до елементів кола, що не мають ізоляції й перебувають під напругою. Якщо коло не працює всі недоліки можна усувати вимкнувши джерело електроживлення.

3.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій

Важливим етапом дослідження виробничого травматизму для конкретного об'єкта функціонування є створення досконалої класифікації причин нещасних випадків, а також пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки. Для того, щоб оцінку рівня небезпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища.

Основні принципи даного методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відмов оператора"). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Для побудови даної моделі ("дерева") травми використовують оператори "Г" та "АБО", після цього виконують набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною, після визначення ситуації, що привела до травми визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі.

Небажана подія за результатами аналізу травмонезбезпечних ситуацій під час дослідження технічних характеристик джерел світла є – втрата працездатності студента, який досліджував характеристики різних ОП, із-за отримання травми від ураження струмом.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного

виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи наступні формули.

Таблиця 3.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Подія	Назва події	Ймовірність
P ₁	Ігнорування норм охорони праці	0,18
P ₂	Пошкодження захисного заземлення	0,06
P ₃	Неправильна експлуатація обладнання	0,12
P ₄	Відсутність профілактичних заходів	0,15
P ₅	Безвідповідальність	0,1
P ₆	Незнання правил техніки безпеки	0,2
P ₇	Відсутність автоматичного вимикача	0,3
P ₈	Недотримання правил використання ЗІЗ	0,2
P ₉	Несправність ЗІЗ	0,15
P ₁₀	Рівень кваліфікації персоналу	0,25
P ₁₁	Стан контролю за ОП	0,05
P ₁₂	Несправність КВП	0,02

Базові події з ймовірностями P₁ і P₂ за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію.

Тоді ймовірність виникнення цієї події P₃ можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2$$

Оператор "І" об'єднує n подій з ймовірностями P₁, P₂, P₃, ..., P_n тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$$

Дві базові події з ймовірностями P₁ і P₂ за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P₃ буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2$$

Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями P₁, P₂, P₃, які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю P₄. Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис. 3.1).

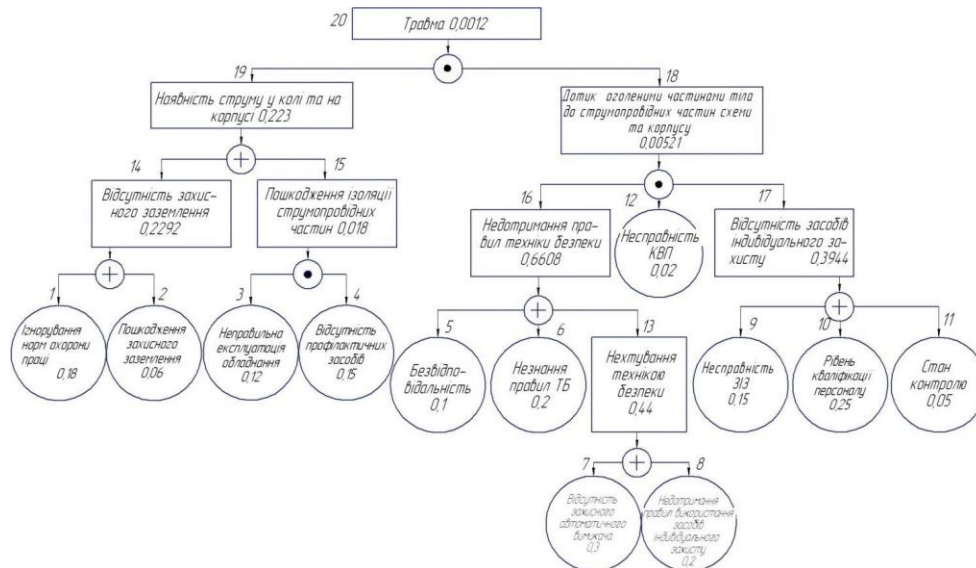


Рисунок 3.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час дослідження джерел світла

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (3.3), отримаємо ймовірність події 14:

$$P_{14} = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,18 + 0,06 - 0,18 \cdot 0,06 = 0,2292.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{15} = P_3 \cdot P_4 = 0,12 \cdot 0,15 = 0,018.$$

$$P_{19} = P_{14} + P_{15} - P_{14} \cdot P_{15} = 0,2292 + 0,018 - 0,108 \cdot 0,2292 = 0,223.$$

$$P_{19} = P_{14} + P_{15} - P_{14} \cdot P_{15} = 0,2292 + 0,018 - 0,108 \cdot 0,2292 = 0,223.$$

$$P_{13} = P_7 + P_8 - P_7 \cdot P_8 = 0,3 + 0,2 - 0,3 \cdot 0,2 = 0,44.$$

$$P_{13} = P_7 + P_8 - P_7 \cdot P_8 = 0,3 + 0,2 - 0,3 \cdot 0,2 = 0,44.$$

$$P_{16} = P_5 + P_6 + P_{13} - P_5 \cdot P_6 - P_5 \cdot P_{13} - P_6 \cdot P_{13} + P_5 \cdot P_6 \cdot P_{13} = 0,1 + 0,2 + 0,44 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,44 - 0,44 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,44 = 0,6608.$$

$$P_{16} = P_5 + P_6 + P_{13} - P_5 \cdot P_6 - P_5 \cdot P_{13} - P_6 \cdot P_{13} + P_5 \cdot P_6 \cdot P_{13} = 0,1 + 0,2 + 0,44 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,44 - 0,44 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,44 = 0,6608.$$

$$P_{17} = P_{10} + P_9 + P_{11} - P_9 \cdot P_{10} - P_9 \cdot P_{11} - P_{10} \cdot P_{11} + P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11} = 0,15 + 0,25 + 0,05 - 0,15 \cdot 0,25 - 0,15 \cdot 0,05 - 0,25 \cdot 0,05 + 0,001875 = 0,3944.$$

$$P_{17} = P_{10} + P_9 + P_{11} - P_9 \cdot P_{10} - P_9 \cdot P_{11} - P_{10} \cdot P_{11} + P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11} = 0,15 + 0,25 + 0,05 - 0,15 \cdot 0,25 - 0,15 \cdot 0,05 - 0,25 \cdot 0,05 + 0,001875 = 0,3944.$$

$$P_{18} = P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17} = 0,02 \cdot 0,6608 \cdot 0,3944 = 0,00521.$$

$$P_m = P_{19} \cdot P_{18} = 0,223 \cdot 0,00521 = 0,0012.$$

Таким чином під час дослідження джерел світла, у лабораторії ЛНУП при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 0,12 травми.

3.4 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення

На підприємствах, установах та організаціях незалежно від форм власності і господарювання, одним з найважливіших завдань служби охорони праці є забезпечення захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

З метою ефективною реалізації завдань цивільного захисту, зменшення матеріальних втрат та недопущення шкоди об'єктам, матеріальним і культурним цінностям та довкіллю в разі виникнення надзвичайних ситуацій здійснюється система заходів, основними з яких є:

- Планування і здійснення заходів щодо захисту своїх працівників від НС;
- Розроблення планів локалізації і ліквідації аварій (катастроф);
- Підтримування у готовності до застосування сил і засобів із запобігання та ліквідації наслідків НС;
- Створення матеріальних резервів на випадок НС;
- Оповіщення та інформування населення про загрозу чи виникнення НС. Центральні та місцеві органи виконавчої влади повинні надавати населенню оперативну і достовірну інформацію про стан захисту

населення і території від НС техногенного і природного характеру, про виникнення НС, методи та способи захисту, про вжиті заходи щодо забезпечення захисту.

- Спостереження і лабораторний контроль — передбачає збирання, опрацювання та передачу інформації про стан довкілля, забруднення продуктів харчування, харчової сировини, фуражу і води радіоактивними, хімічними речовинами або інфекційними мікроорганізмами. Для цього створюється і підтримується в постійній готовності загальнодержавна та територіальні мережі спостереження і лабораторного контролю.

- Укриття населення у захисних спорудах в разі виникнення НС. Для таких цілей створюється фонд захисних споруд.

- Здійснення заходів з евакуації населення. В умовах недостатнього забезпечення захисними спорудами основним способом захисту населення міст, де розташовані небезпечні об'єкти, в особливий період є його евакуація і розміщення у зонах, безпечних для проживання.

- Інженерний захист території – проводиться з метою створення умов безпечного проживання населення на території з підвищеним техногенним навантаженням і передбачає.

- Медичний захист населення – це заходи з запобігання або зменшення ступеня ураження населення, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в районах НС.

- Психологічний захист – заходи попередження або зменшення ступеня негативного психологічного впливу на населення та своєчасне надання ефективної психологічної допомоги в умовах НС.

- Біологічний захист – захист від біологічного ураження шляхом:
 - своєчасного виявлення осередку біологічного зараження;
 - введення обмежувальних режимів: карантину та обсервації;
 - екстреної профілактики і знезараження осередку.

- Екологічний захист – захист родовищ (газових, нафтових, вугільних, торфових) від пожеж, затоплень і обвалів; ліквідація лісових пожеж та буреломів, сніголамів, збереження лісових насаджень тощо.
- Радіаційний і хімічний захист – виявлення та оцінка осередків радіаційного та хімічного забруднення, організація і здійснення дозиметричного і хімічного контролю.

3.5 Аналіз проблеми ртутного забруднення навколишнього середовища відходами розрядних ламп

Однією з причин погіршення екологічного стану навколишнього середовища в Україні є антропогенне забруднення довкілля, в тому числі й відходами, які вміщують токсичні речовини. Такими відходами зокрема є розрядні лампи, які відпрацювали свій ресурс.

Більше 80 % світлової енергії, що виробляється у світі, припадає саме на розрядні лампи [18]. Економічні переваги цих ламп не викликають сумніву – світлова віддача їх в 4–8 разів, а строк служби в 6–15 разів вище аналогічних показників для ламп розжарювання. Сьогодні практично неможливо забезпечити гігієнічно обґрунтований рівень освітлення без застосування розрядних ламп. Тенденція росту споживання світлової енергії вказує на те, що в найближчий час обсяги виробництва розрядних ламп будуть зростати. Але всі сучасні розрядні лампи, які використовуються для освітлення, вміщують невелику кількість ртуті, тому відходи цих ламп є забруднювачами навколишнього середовища.

Ртуть як забруднювач довкілля та токсикант включено в перелік речовин – контамінантів як один із найбільш небезпечних.

Більша частина штучного світла в даний час генерується розрядними лампами високого і низького тиску – двоцокольними люмінесцентними лампами, компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ), натрієвими

лампи високого тиску (НЛВТ), дугові ртутні з металогалогенними добавками (МГЛ), тощо. Сьогодні в Україні щорічно споживається приблизно 13–15 млн. шт. двоцокольних ЛЛ та більше 20 млн. шт. (за різними даними 22–24 млн. шт.) КЛЛ. Обсяги споживання РЛВТ займають третє місце після ламп розжарювання та розрядних ламп низького тиску і складають приблизно 10 % від обсягів ЛЛ та КЛЛ разом взятих. В Україні це біля 4 млн. шт. на рік. Основні параметри розрядних ламп високого і низького тиску та кількість ртуті в них наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 3.2 – Основні параметри розрядних ламп високого і низького тиску

Тип лампи, потужність (Вт)	Світлова віддача (Лм/Вт)	Термін служби (год.)	Кількість ртуті (мг)
Двоцокольні			
1) ЛЛ (Т12), 20 – 80	55 – 70	10000 – 12000	26 – 60
2) ЛЛ (Т10), 20 – 80	55 – 70	10000 – 12000	26 – 60
3) ЛЛ (Т18), 18 – 54	55 – 96	≥20000	3 – 5
4) КЛЛ, 5 – 57	45 – 65	6000 – 15000	2 – 5
ДРЛ, 80 – 1000	40 – 60	8000 – 15000	15 – 200
МГЛ, 35 – 3500	80 – 110	8000 – 15000	10 – 1000
НЛВТ, 50 – 1000	60 – 140	15000 – 32000	3 – 20

Слід зазначити, що кількість ртуті в ЛЛ та КЛЛ згідно з вимогами Технічного регламенту «Обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні» не має бути більшим, відповідно, 12 та 5 мг [22]. Але цей показник в Україні, через відсутність стандартних методик, практично не контролюється і на ринок України ще поступають ЛЛ, які виробляються на застарілому обладнанні (Т12, Т10 і навіть Т8), в які дозується значно більша кількість ртуті – до 60 мг і більше.

За оцінками кількість ртуті, яка з відходами розрядних ламп попадає в навколишнє середовище (з врахуванням того, що частина ламп утилізується), в Україні становить більше 300 кг/рік. Безумовно – це велика кількість, але вона значно менша від кількості ртуті, яка викидається в атмосферу тепловими електростанціями при спалюванні вугілля (у вугіллі Донецького басейну вміст ртуті складає 0,4-2 мг/т), тому використання розрядних ламп на даному етапі є доцільним не тільки з економічної точки зору, але і з точки зору зменшення забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Але це не знижує актуальності обмеження використання ртуті в розрядних лампах і попередження забруднення навколишнього середовища їх відходами. Відходи сучасних люмінесцентних ламп вміщують приблизно 10^{-3} % ртуті, що в 10 разів перевищує гранично допустимі концентрації, тому їх утилізація необхідна з точки зору забезпечення екологічної безпеки.

В Україні сьогодні відсутня належним чином організована система збирання та утилізації токсичних відходів, що містять ртуть, відсутній облік та доступна статистика утворення ртутьмісних відходів, відсутня відповідальність виробника та імпортера ртутних ламп за їх подальшу долю. Тому актуальними проблемами сьогодні є зниження використання ртуті у розрядних лампах та попередження забруднення навколишнього середовища їх відходами.

3.6 Вплив ртуті на стан навколишнього середовища

Серед шкідливих хімічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище, особливе місце належить ртуті. В навколишньому середовищі ртуть може знаходитись у 3 формах: пари елементарної ртуті,

неорганічних сполук ртуті та органічних сполук (метилртуть, етилртуть та пропилртуть).

В результаті збільшених техногенних викидів в атмосферу і гідросферу ртуть з природного компонента природного середовища, що бере участь у всіх кругообігах, перетворилася на вельми небезпечний компонент для здоров'я людини і живої речовини. Відомо, що кожен 2 – й кг добутої ртуті не доходить до споживача, а випаровується в атмосферу або втрачається. На підприємствах, що використовують ртуть в технологічних цілях, її втрати досягають 100%. Крім того, ртуть входить до складу деяких пестицидів, які використовуються в сільському господарстві для протруювання насіння і захисту їх від шкідників.

Проте в даний час все актуальнішою стає проблема ртутного забруднення в невиробничій сфері, коли в результаті аварій або безконтрольного використання ртутьумісних приладів значна кількість токсичного металу виявляється в школах, дитячих садках, житлових будинках, тощо [13].

У світовому масштабі найбільш значущі антропогенні джерела ртутного забруднення не пов'язані з видобутком металу і включають спалювання викопного палива (насамперед, вугілля на теплових електростанціях та інших підприємствах, а також для опалення домогосподарств), виробництво цементу, золота. Значна кількість ртуті потрапляє у довкілля із ртутних джерел світла, приладів, які відпрацювали свій термін експлуатації.

Потрапивши в навколишнє середовище, ртуть може переноситися на значні відстані і зберігатися в природних середовищах протягом тривалого часу. Ртуть накопичується в живих організмах, причому види, що знаходяться на більш високих трофічних рівнях, характеризуються більш високим вмістом цього металу в організмі. На вершині харчової піраміди часто опиняється людина. Таким чином, ртуть є глобальним

забруднювачем, вплив якого проявляється в регіонах на значній відстані від місць його походження.

Ртуть зустрічається в навколишньому середовищі в різних хімічних формах і з'єднаннях, що характеризуються різним рівнем токсичності. Найбільш небезпечними є органічні сполуки ртуті, вироблені мікроорганізмами, що живуть, наприклад, в донних відкладеннях, і здатними перетворювати неорганічну ртуть в органічні форми.

Найбільш широко поширеною органічною сполукою ртуті є метилртуть. Потрапляючи в організм тварин, насамперед, риб, метилртуть акумулюється в жирових тканинах, з якими вона надходить в організм інших видів, що знаходяться на більш високих трофічних рівнях, в т.ч. людини.

Ртуть належить до числа тіолових отрут, які порушують білковий обмін і ферментативну діяльність організму. Вона токсична для людини практично в будь-якому своєму стані.

У дітей, які зазнали внутрішньоутробного впливу метилртуті, спостерігаються зміни пізнавальних здібностей, пам'яті, уваги, а також мовних, зорово-просторових навичок. Крім того, симптоми отруєння ртуттю можуть включати порушення координації рухів, порушення мови, слуху і ходьби, а також м'язову слабкість. Особливо сильно ртуть вражає нервову і видільну системи. Встановлено також зв'язок впливу метилртуті на дорослий організм з підвищеним ризиком серцево – судинних захворювань.

3.7 Шляхи вирішення проблеми ртутного забруднення відходами розрядних ламп

Україна, на жаль, сьогодні належить до країн з високим рівнем негативних екологічних наслідків господарської діяльності людини та техногенного забруднення.

Оскільки проблема, що пов'язана із ртутним забрудненням є глобальною, то для її розв'язання потрібні впроваджені заходи і конкретні дії як на місцевому, так і на державному рівнях.

Перший крок до розв'язання проблеми на місцевому рівні – широка просвіта громадськості. Дуже важливо розробити інформаційну політику в ЗМІ для того, щоб населення знало про ртутну небезпеку і вміло її попереджувати. У ЗМІ для населення України повинна бути інформація, що металева ртуть та її сполуки, а також прилади з ртутним наповненням та інші ртутні матеріали при неправильному поводженні є джерелом підвищеної небезпеки у зв'язку з можливістю гострих та хронічних отруєнь парою ртуті, а також ртутного забруднення приміщень, територій, повітря, ґрунту та води.

Другим кроком який необхідно виконати – є вирішення проблем утилізації ртутьмісних відходів. Основні задачі такої утилізації є видалення ртуті з відходів ламп (демеркуризацію) до залишкової концентрації, безпечної для довкілля та повторного використання матеріалів, а також розділення матеріалів на компоненти для подальшого перероблення та використання (скло, метали, люмінофори та інше).

Для вирішення проблем утилізації відходів, в тому числі і ртутних ламп, в ЄС розроблена Директива WEEE – 2002/96/ЄС «Відходи виробництва електричного та електронного обладнання» [24]. Метою Директиви є запобігання утворення відходів виробництва та зменшення їх шляхом повторного використання та переробки. Положення Директиви стосується 10 категорій електричного та електронного обладнання, в тому числі і освітлювального. До освітлювального обладнання, яке потрібно утилізувати у відповідності до вимог Директиви відноситься:

- світильники для ЛЛ (за винятком ОП побутового призначення);
- двоцокольні люмінесцентні лампи (лінійні люмінесцентні лампи);

- одноцокольні люмінесцентні лампи (компактні люмінесцентні лампи);
- розрядні лампи високої інтенсивності, в тому числі натрієві, металогалогенні та РЛВТ з люмінофорним покриттям на колбі типу ДРЛ;
- натрієві лампи низького тиску;
- інші розрядні лампи та ОП, крім ламп розжарювання.

Для всіх розрядних ламп, які вміщують ртуть, обов'язково має проводитись процес демеркурації відходів (видалення ртуті).

Ключові позиції WEEE:

- виробники та імпортери електричного обладнання відповідають за компенсацію коштів за збирання, зберігання та переробку відходів;
- споживачі можуть повертати використані ними вироби до пунктів приймання;
- тільки ліцензовані установи мають право на поводження з відходами.

У європейських країнах виробники розрядних ламп спільно працюють над створенням колективних сервісних та переробних підприємств. Внески на WEEE становлять суттєву частину відпускнуої ціни на лампи, особливо на лампи низької якості з малим строком служб, наприклад, такі як ЛЛ з галофосфатними люмінофорами. Збільшення строку служби ламп зменшує кількість відходів, а, отже, зменшує внески.

Директивою Європарламенту 2000/32/ЄС передбачена поетапна заборона використовувати в ЄС ЛЛ з галофосфатним люмінофором T12, T10 та T8, а також ртутних ламп високого тиску (РЛВТ) з параметрами, які не відповідають мінімальним вимогам цього регламенту за енергоекономічністю. Це сприятиме і зменшенню кількості ртуті в лампах, так як будуть заборонені для використання застарілі конструкції з високим вмістом ртуті.

Досвід ЄС щодо використання небезпечних речовин в електричних лампах показує, що обмеження ведуться не тільки шляхом зниження максимально допустимих їх значень та заборони неефективних ламп з точки зору світлової віддачі та екологічної безпеки, але і встановлюють поетапне підвищення їх надійності та строку служби. Це сприяє зменшенню кількості відходів цих ламп, так як підвищення строку служби еквівалентно зменшенню їх виробництва. Наприклад у встановлені обов'язкові вимоги до середнього строку служби та кількості запалювань, які повинні витримати КЛЛ. В Україні для покращення екологічної ситуації пов'язаної зі збільшенням накопичення відходів розрядних ламп необхідно скористатись досвідом ЄС:

1. Впровадити Технічний регламент на основі Директиви ЄС та створити мережу приймальних пунктів та спеціалізованих підприємств по збиранню та транспортуванню відпрацьованих ламп, а також підприємств з переробки відходів ламп. Найбільш ефективними є великі переробні заводи (потужністю у декілька мільйонів і навіть десятків мільйонів ламп на рік).

2. Впровадити Технічний регламент на основі Директиви Європарламенту 2006/32/ЄС «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги», який поетапно обмежить виробництво і використання розрядних ламп з низькою енергоекономічністю та екологічністю.

Висновок до розділу

У даному розділі ми розглянули питання охорони праці під час технологічного процесу дослідження електричних і світлотехнічних параметрів наявних джерел світла.

Проаналізувавши процес вимірювання, а також врахувавши ступінь безпеки обладнання яке використовується, припустили, що однією із можливих травмонебезпечних ситуацій під час виконання поставлених задач, є ураження електричним струмом. На основі подій та обставин, які можуть призвести до ураження електричним струмом, побудували логіко-імітаційну модель процесу виникнення травм під час дослідження джерел світла. Відповідно до результатів розрахунку, ймовірність ураження струмом, при наявності тих недоліків з охорони праці які відображені у базових подіях, становить 0,0012.

Також, у даному розділі надані рекомендації щодо заходів з покращення охорони праці і захисту цивільного населення.

Однією з причин погіршення екологічного стану навколишнього середовища в Україні є забруднення довкілля відходами розрядних ламп, які відпрацювали свій ресурс. Задля вирішення даної ситуації, на нашу думку, необхідно скористатися досвідом ЄС. Перш за все, на законодавчому рівні визначити чіткий перелік обладнання яке потребує демеркуризації. Наступним кроком, є впровадження технічних регламентів на основі Директив ЄС, які стосуються проблеми ртутного забруднення середовища відходами розрядних ламп. Важливим кроком у розв'язанні даної проблеми є широка просвіта громадськості.

4 СВІТЛО – ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ



Рисунок 4.1 – Експериментальний стенд

Таблиця 4.1 - Залежність світловіддачі від напруги

U, В	F, Lx/Вт КЛЛ	F, Lx/Вт СД	F, Lx/Вт ЛР
200	49,7	250	12,4
210	47,6	255,2	13,3
220	45,7	267,3	13,8
230	42,7	213	15,1
240	44,8	202,8	15,4

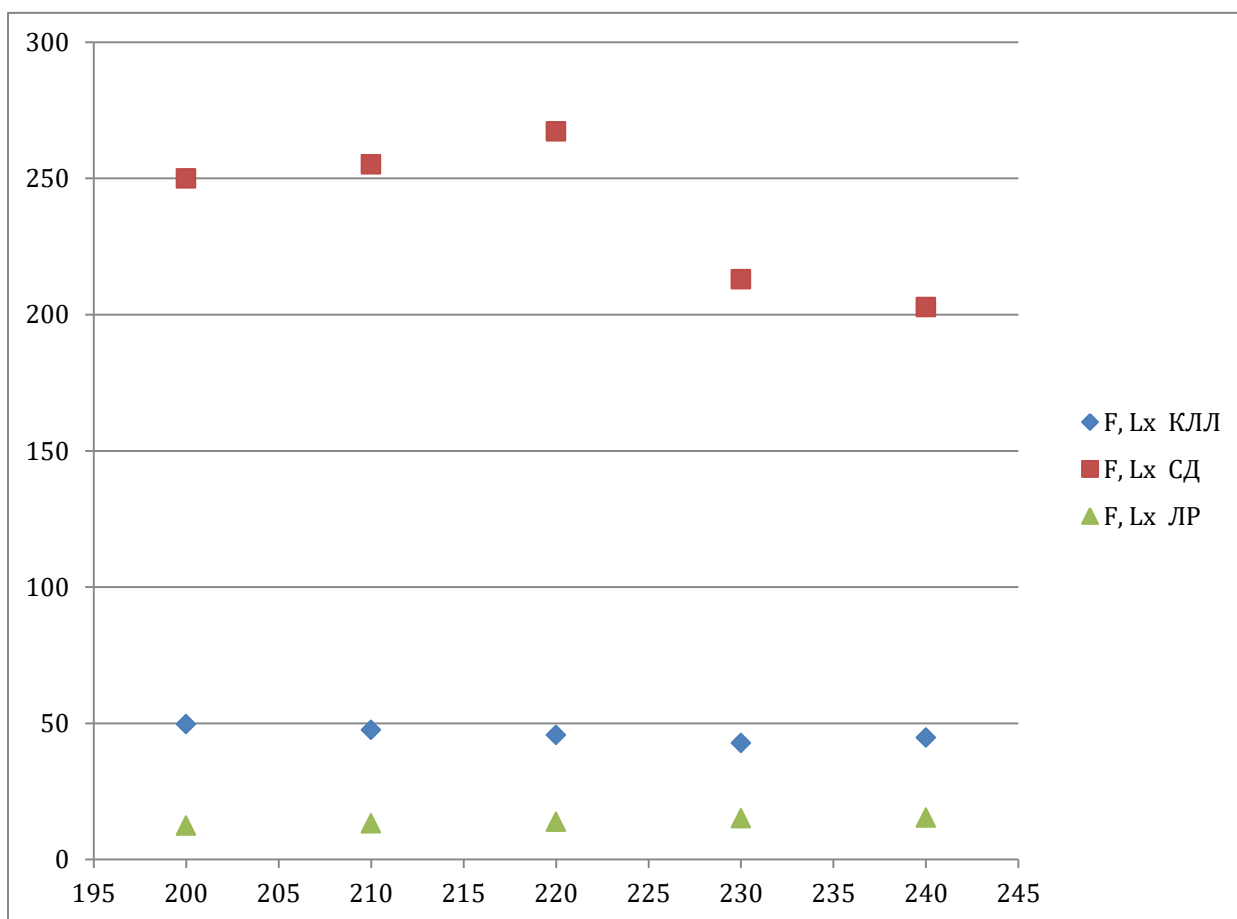
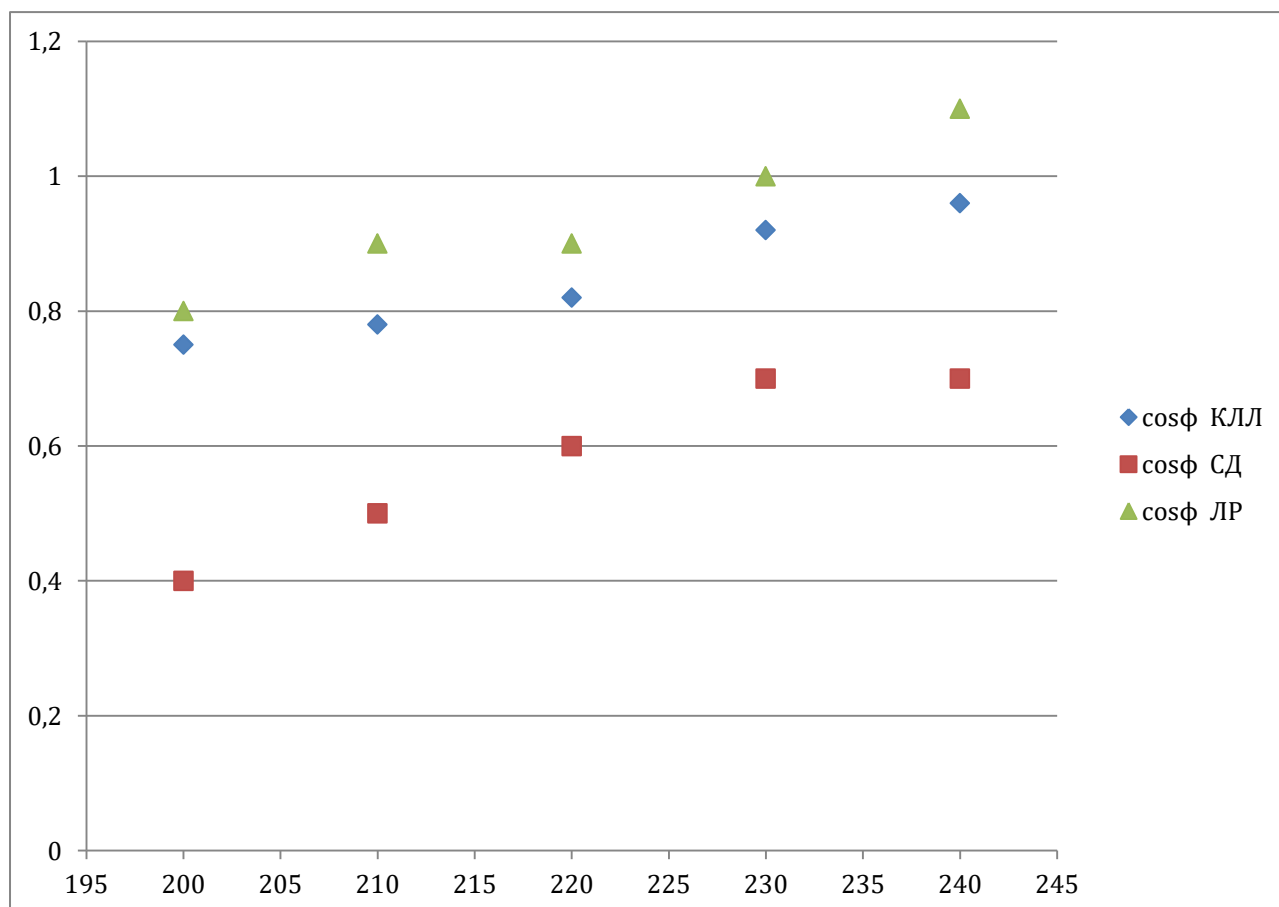


Рисунок 4.2 – Залежність світловіддачі від напруги

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В є у СД і становить 213 Lx/Вт, найменше у ЛР, відповідно 15.1 Lx/Вт.

Таблиця 4.2 - Залежність $\cos\phi$ від напруги

U, В	$\cos\phi$ КЛЛ	$\cos\phi$ СД	$\cos\phi$ ЛР
200	0,75	0,4	0,8
210	0,78	0,5	0,9
220	0,82	0,6	0,9
230	0,92	0,7	1
240	0,96	0,7	1,1

Рисунок 4.3 – Залежність $\cos\phi$ від напруги

Як ми бачимо найбільше значення $\cos\phi$ при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 1, найменше у СД ламп, відповідно 0,7.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 0.25А, найменше у СД ламп, відповідно 0,03А.

Як ми бачимо найбільше значення потужності при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 57,5Вт, найменше у СД ламп, відповідно 6,9Вт.

Як ми бачимо найбільше значення освітленості при номінальній напрузі 230В є у СД ламп і становить 1470 Lx, найменше у КЛЛ ламп, відповідно 785 Lx.

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 110 °С, найменше у СД ламп, відповідно 32 °С.

Як ми бачимо найбільше значення пульсації світлового потоку при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 9.5%, найменше у СД ламп, відповідно 2%.

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В є у СД і становить 213 Lx/Вт, найменше у ЛР, відповідно 15.1 Lx/Вт.

Як ми бачимо найбільше значення $\cos\phi$ при номінальній напрузі 230В є у ЛР і становить 1, найменше у СД ламп, відповідно 0,7.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коруд В. І. Електротехніка. Львів: Видавництво «Магнолія», 2006.
417 с.
2. Варецький Ю. О. Особливості вибору силових фільтрів для систем електропостачання змінних нелінійних навантажень. Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2008. № 615. С. 17 – 22.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник. Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2007. 488 с.
4. Василега П. О. Електротехнологічні установки: навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 548 с.
5. Милосердов В. О. Електротехнологічні установки та пристрої: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 135 с.
6. Соловей О. І. Промислові електротехнологічні установки: навчальний посібник. Київ: Видавництво «Кондор», 2009. 172 с.
7. Головка Д. Б., Ментковський Ю. Л. Загальні основи фізики. Київ: Видавництво «Либідь», 2008. – 224 с.
8. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: навч. посіб. Київ: Видавництво «Аграрна освіта», 2008. 330 с.
9. Курс електротехніки: Підручник. – Харків: Видавництво «Торнадо», 2000. – 288 с.
10. Практикум з електротехнології в АПК. Київ: Національний аграрний університет. 2003. 125 с.
11. Каталог СВ АЛЬТЕРА 2020р.
12. Каталог МІКУkraine – Джерела світла.
13. Каталог електротехнічної продукції АСКО УкрЕМ.

