

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:

**«Оцінка впливу конструктивних параметрів компактних люмінесцентних  
ламп на їх робочі характеристики»**

Виконав: студент VI курсу

групи Ен – 62 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лань Р.І.

(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**

\_\_\_\_\_  
Ланю Руслану Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка впливу конструктивних параметрів компактних люмінесцентних ламп на їх робочі характеристики»

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)

Вступ1 КОМПАКТНІ ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ЛАМПИ2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНИХ ЛЮМІНІСЦЕНТНИХ ЛАМП3 ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП НА ЇХ РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА5 СВІТЛО - ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНАЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИПЕРЕЛІК 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	КОМПАКТНІ ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ЛАМПИ	28.04.2023 – 19.05.2023	
2	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНИХ ЛЮМІНІСЦЕНТНИХ ЛАМП	22.05.2023 – 8.09.2023	

3	<i>ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП НА ЇХ РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ</i>	<i>11.09.2023 – 24.11.2023</i>	
4	<i>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</i>	<i>27.11.2023 – 8.12.2023</i>	
5	<i>СВІТЛО - ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА</i>	<i>11.12.2023 – 22.12.2023</i>	
6	<i>ЗАВЕРШЕННЯ ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ТА ПРЕЗЕНТАЦІЇ</i>	<i>25.12.2023 – 5.01.2024</i>	
7	<i>ЗАВЕРШЕННЯ РОБОТИ В ЦЬОМУ</i>	<i>8.01.2023 – 18.01.2023</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Лань Руслан Ігорович  
 ( підпис ) ( прізвище та ініціали )

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

УДК 621.320

Лань Р.І. Оцінка впливу конструктивних параметрів компактних люмінесцентних ламп на їх робочі характеристики. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 56 с. текстової частини, 14 таблиць, 15 рисунків, 13 джерел посилання.

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

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

**Об'єкт дослідження:** компактні люмінісцентні лампи.

**Предмет дослідження:** вплив конструкції компактних люмінісцентних ламп на їх робочі характеристики.

Розглянуто основні типи джерел світла.

Проведено дослідження та аналіз сучасних КЛЛ.

Проведено дослідження впливу конструкції компактних люмінісцентних ламп на їх робочі характеристики.

Також розглянуто питання охорони праці.

**Ключові слова:** світлодіодні лампи, лампи розжарювання, КЛЛ.

## Вступ

Електроенергія - це життєво важливий ресурс, який використовується в усіх сферах нашого життя, від виробництва та транспорту до побуту. В Україні електроенергія є одним з основних джерел енергії.

З початком російської агресії проти України в країні виникла необхідність економити електроенергію. Це пов'язано з низкою факторів, зокрема:

- Зниженням потужності енергогенеруючих станцій, які були пошкоджені внаслідок обстрілів.
- Нестабільним режимом роботи енергосистеми, що пов'язано з ризиком відключення електроенергії в окремих регіонах.

Економія електроенергії є важливим завданням для України в умовах війни. Вона допоможе забезпечити стабільність енергосистеми, зменшити залежність від імпорту електроенергії та заощадити кошти.

Економія електроенергії в умовах війни.

У період війни економія електроенергії є особливо важливою. Вона дозволяє:

- Збільшити надлишок електроенергії, що може бути використаний для забезпечення критично важливих об'єктів інфраструктури.
- Зменшити навантаження на енергосистему, що знижує ризик її відключення.
- Заощадити кошти, які можуть бути використані для інших потреб, наприклад, для забезпечення Збройних Сил України.

Для економії електроенергії в умовах війни можна використовувати наступні заходи:

- Відключати світло та інші електроприлади, коли вони не використовуються.
- Переводити електроприлади в режим очікування.
- Використовувати енергозберігаюче освітлення.
- Замінювати старі електроприлади на нові, більш енергоефективні.

Економія електроенергії взагалі.

Економія електроенергії є важливою не лише в умовах війни. Вона дозволяє:

- Зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, що покращує екологію.
- Знизити витрати на електроенергію, що позитивно впливає на сімейний

бюджет.

- Збільшити енергетичну незалежність країни.

Для економії електроенергії взагалі можна використовувати такі заходи:

- Ефективно використовувати електроприлади.
- Вибирати енергозберігаючі електроприлади.
- Оптимізувати споживання електроенергії в побуті.
- Замінювати старі електроприлади на нові, більш енергоефективні.

Економія електроенергії є важливою для України в умовах війни та взагалі. Вона дозволяє забезпечити стабільність енергосистеми, зменшити залежність від імпорту електроенергії, заощадити кошти та покращити екологію.



## **1 КОМПАКТНІ ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ЛАМПИ**

Лампа компактна люмінесцентна (КЛЛ), також відома як "лампа економії енергії" чи "спіральна лампа", представляє собою інноваційний засіб для ефективного освітлення, заснований на флюоресцентній технології. КФЛ розроблені з урахуванням зменшення розмірів та підвищення продуктивності, надаючи компактну та продуктивну альтернативу традиційним лампам накаливання. Основою їхньої роботи є принцип флюоресценції, який забезпечує перетворення ультрафіолетового (УФ) випромінювання у видиме світло завдяки фосфорному покриттю, розташованому на внутрішній поверхні лампи. Завдяки цим інноваціям, КЛЛ славляться своєю великою продуктивністю, тривалим терміном служби та здатністю ефективно знижувати споживання електроенергії. Це робить їх особливо популярними в різноманітних сферах освітлення.

### **1.1 Еволюція компактних люмінесцентних ламп**

Історія розвитку компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) представляє собою захопливий перебіг інновацій в області освітлення, що відображає зміни та прогрес у використанні більш ефективних джерел світла. Давайте розглянемо ключові етапи в еволюції КЛЛ:

1. Початок флюоресцентної технології: До того, як КЛЛ завоювали світ, флюоресцентне освітлення вже існувало у великих світлових панелях та довгих лампах протягом багатьох років. У 1896 році фізик Джордж Інман виявив флюоресцентні властивості речовини, досліджуючи ультрафіолетове світло.

2. Ранні спроби створення КЛЛ: Перші спроби створити компактні версії флюоресцентних ламп були підприємливі в середині 20-го століття, але технічні

труднощі та високі витрати на виробництво обмежували їхнє поширення. Тривалий час традиційні лампи накалювання залишалися популярними.

3. Зародження КЛЛ: Перелом в історії КЛЛ відбувся наприкінці минулого століття. У 1976 році американський винахідник Едвард Е. Гаммак та британський інженер Джон Мур незалежно відкрили принципи, що стали основою для подальшого створення КЛЛ. Їхні розробки включали фіксовані згортковані ультрафіолетові трубки з компактними джерелами світла.

4. Перші КЛЛ на ринку: Комерційні КЛЛ вийшли на ринок наприкінці 1980-х років. Однією з піонерських компаній, яка виробляла КЛЛ, була Philips, що представила свій продукт для використання в офісах та комерційних приміщеннях.

5. Популярність КЛЛ: З плином часу КЛЛ завоювали популярність серед споживачів домогосподарств завдяки їхнім очевидним перевагам, таким як висока ефективність та тривалий термін служби. У багатьох країнах їх впроваджували як екологічно чисту альтернативу традиційним лампам накалювання.

6. Запит на лампи з енергозбереженням: Світовий рух у напрямку зменшення споживання енергії та викидів вуглекислого газу підтримав попит на КЛЛ. Багато країн впроваджували програми та регулювання, що заохочували використання енергозберігаючих джерел світла.

7. Розвиток технологій КЛЛ: Протягом останніх десятиліть технології КЛЛ продовжують розвиватися. Вдосконалення фосфорних покриттів, покращення балластів, інтеграція інтелектуальних функцій та розширення асортименту стали важливими характеристиками сучасних КЛЛ.

Сучасність КЛЛ: На сьогоднішній день Компактні люмінесцентні лампи залишаються ключовою складовою ефективного та енергозберігаючого освітлення, сприяючи збереженню енергії та зниженню впливу на навколишнє середовище.

## **1.2 Структура компактних люмінесцентних ламп**

Складна і вдосконалена конструкція компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) сприяє їх високій ефективності та забезпечує якісне освітлення. Давайте розглянемо компоненти КЛЛ більш детально:

1. Трубка: Основним елементом КЛЛ є трубка, яка може бути виготовлена зі скла або кварцу. Вона наповнена ртуттю та аргоном. Ртуть виступає як ключовий компонент, відповідальний за створення ультрафіолетового (УФ) світла під час роботи лампи.

2. Електроди: У середині трубки знаходяться два електрода - невеликі металеві стрижні, які виконують роль стартового елемента. Вони ініціюють електричне поле при ввімкненні лампи, випромінюючи електрони та запускаючи реакцію в ртуті.

3. Ртуть та Аргон: Гази, які наповнюють трубку, - ртуть та аргон. Ртуть використовується для генерації УФ-світла під час електричного розряду, тоді як аргон допомагає підтримувати роботу лампи та забезпечує сталу температуру у трубці.

4. Балласт: КЛЛ обов'язково має балласт, який регулює потік струму через лампу та контролює робочий струм. Магнітні та електронні балласти забезпечують оптимальну ефективність та стабільність яскравості освітлення.

5. Контакти та Цоколь: На кінцях КЛЛ розташовані контакти та цоколь, які використовуються для підключення лампи до джерела живлення. Цей механізм спрощує установку та заміну лампи, забезпечуючи надійний контакт.

6. Фосфорне Покриття: Внутрішня поверхня трубки покрита фосфорним шаром, який конвертує УФ-світло в видиме світло різних кольорів. Різноманітні фосфори дозволяють отримати різні відтінки світла.

7. Оболонка: Багато КЛЛ обладнані оболонкою з матового скла або пластику, яка служить для захисту та розсіювання світла, забезпечуючи рівномірне освітлення та усуваючи блики.

8. Електронні Компоненти: Сучасні КЛЛ можуть містити різноманітні електронні компоненти, такі як конденсатори та інтегровані схеми, що підвищують ефективність та дозволяють використовувати різноманітні інтелектуальні функції, наприклад, димерінг чи керування кольором світла.

Хоча загальна структура КЛЛ може варіюватися, основні компоненти залишаються стандартними. Ця складна конструкція дозволяє КЛЛ працювати надійно та ефективно, що робить їх популярними в області освітлення.

### **1.3 Принцип функціонування компактних люмінесцентних ламп**

Принцип функціонування компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) базується на фізичних процесах флюоресценції та електричного розряду. Розглянемо детально кожен етап принципу роботи КЛЛ:

#### **1. Початок:**

При підключенні КЛЛ до електромережі, електроди всередині лампи створюють електричне поле, що сприяє випаровуванню ртуті в трубці. Цей процес генерує початковий електричний розряд.

#### **2. Розряд ртуті:**

Після запуску, розряд ртуті у внутрішній трубці іонізується. Електрони відділяються від атомів ртуті під дією електричного поля, утворюючи електронний потік.

#### **3. Утворення УФ-світла:**

Електронний потік зіткнується з атомами ртуті, викликаючи інеластичні зіткнення. Ці зіткнення розбуджують атоми ртуті, які потім розсіюють свою енергію у вигляді ультрафіолетового (УФ) світла. УФ-світло, невидиме для ока, не використовується в якості джерела освітлення.

#### **4. Флюоресценція фосфору:**

Отримане УФ-світло взаємодіє з фосфорним покриттям на внутрішній поверхні трубки. Фосфор - це спеціальна речовина, яка перетворює УФ-світло в видиме світло різних кольорів шляхом флюоресценції. Різноманітні типи фосфорів використовуються для отримання різних кольорів світла.

#### **5. Видиме світло:**

Після збудження фосфору, останній видає енергію у формі видимого світла. Це світло виходить через оболонку КЛЛ і створює освітлення, яке можна спостерігати.

#### 6. Керування кольором та яскравістю:

Сучасні КЛЛ можуть мати можливість регулювання кольору та яскравості. Це досягається за допомогою електронних балластів та інтегрованих схем, які контролюють потужність та частоту роботи лампи.

#### 7. Загальні переваги принципу функціонування:

Принцип роботи КЛЛ має безліч переваг. Серед них значна ефективність, тривалий термін служби та можливість отримання різних відтінків світла. Використання флюоресцентної технології дозволяє КЛЛ витратити менше енергії порівняно з традиційними лампами накаливання, забезпечуючи при цьому екологічність та економічну вигоду.

### **1.4 Застосування компактних люмінесцентних ламп**

Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) знаходять широке застосування у різних галузях завдяки своїм різнобічним перевагам. Розглянемо різні аспекти використання КЛЛ більш детально:

#### Домашнє освітлення:

КЛЛ популярні як засіб освітлення в домашньому середовищі завдяки їхній ефективності та тривалому терміну служби. Вони призначені для освітлення різних приміщень вдома, таких як кухні, вітальні, спальні та ванні кімнати. КЛЛ доступні у різних кольорових гамах, що дає можливість вибрати світло, яке ідеально впишеться в інтер'єр будинку.

#### Освітлення в офісах та комерційних приміщеннях:

КЛЛ широко використовуються для освітлення офісів, магазинів, ресторанів та інших комерційних закладів. Завдяки меншому споживанню енергії в порівнянні з

традиційними лампами, вони сприяють зниженню електроенергії та витрат на освітлення. Крім того, довгий термін служби КЛЛ зменшує потребу у частій заміні ламп.

#### Спеціалізовані галузі:

КЛЛ застосовуються в спеціалізованих галузях, таких як медицина і наука. Ультрафіолетові КЛЛ використовуються для стерилізації приміщень та обладнання в лікарнях, лабораторіях та інших медичних установах. Вони допомагають зменшити ризик поширення інфекцій та забезпечити безпеку для пацієнтів та медичного персоналу.

#### Освітлення на вулицях:

Компактні люмінесцентні лампи також використовуються для освітлення вулиць міст і доріг. Вони забезпечують яскраве та рівномірне освітлення на великих відкритих площах, при цьому споживаючи менше енергії та забезпечуючи безпеку для пішоходів та водіїв.

#### Внутрішнє та зовнішнє освітлення:

КЛЛ можуть бути використані для підсвічування архітектурних деталей, садових доріжок та створення атмосферного освітлення на терасах і балконах як в приміщенні, так і на вулиці.

#### Використання в автомобілях:

КЛЛ застосовуються в автомобільній промисловості для освітлення салонів, сигнальних ліхтарів, тормозних ламп і фар. З їхнім більш тривалим терміном служби і меншим споживанням енергії вони сприяють підвищенню паливної ефективності транспортних засобів.

#### Вуличне та громадське освітлення:

У багатьох містах КЛЛ використовуються для вуличного освітлення, включаючи світлофори, ліхтарі та інші громадські місця. Це допомагає знизити споживання енергії та обмежити викиди вуглекислого газу, покращуючи екологічні показники міста.

Компактні люмінесцентні лампи виявляються універсальним рішенням, застосовуваним в різних сферах завдяки їхнім перевагам у вигляді ефективності,

тривалого терміну служби та зменшення споживання енергії. Використання КЛЛ сприяє екологічній безпеці та забезпечує хороше освітлення у багатьох користувачів у світі.

### **1.5 Переваги компактних люмінесцентних ламп**

Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) володіють численними перевагами, що робить їх ключовим та високо популярним джерелом освітлення:

1. Енергоефективність: КЛЛ споживають значно менше енергії, порівняно з традиційними лампами накаливання. Це сприяє зниженню рахунків за електроенергію та має позитивний вплив на довкілля.

2. Довговічність: КЛЛ мають значно довший термін служби, від 8 000 до 15 000 годин або навіть більше, порівняно з традиційними лампами накаливання.

3. Екологічна безпека: Використання КЛЛ допомагає зменшити викиди парникових газів та ресурсозбереження через зменшення обсягу енергії, що витрачається.

4. Миттєвий запуск: КЛЛ вмикаються миттєво і не потребують часу для досягнення повної яскравості, відзначаючись швидким стартом у порівнянні з енергозберігаючими лампами накаливання.

5. Регулювання кольору та яскравості: Сучасні КЛЛ можуть регулювати колір світла та яскравість, надаючи користувачам можливість налаштувати освітлення згідно з власними потребами та настроєм.

6. Різноманіття дизайну: КЛЛ доступні в різних розмірах і формах, що робить їх ідеальними для різноманітних стилів освітлення та дизайну інтер'єру.

7. Універсальність застосування: КЛЛ застосовуються вдома, в офісах, комерційних приміщеннях, вуличному освітленні, в автомобілях та в спеціалізованих галузях, таких як медицина та наука.

## **2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНИХ ЛЮМІНІСЦЕНТНИХ ЛАМП**

Для дослідження були вибрані та придбані КЛЛ наступних торгових марок: Global, Reallux, Volta, Maxus, ELM, Luxel.





Рисунок 2.1 – Досліджувані джерела світла

Таблиця 2.1 - Задекларовані характеристики джерел світла

Виробник	Потужність: P, Вт	Напруга: U, В	Світловий потік: F, лм	Срок служби: Год	Температура світла: К
Global	20	220-246	1250	8000	2700
Realux	20	200-246	1200	8000	4200
Volta	9	220-250	1100	7000	4000
Maxus	20	220-246	1300	8000	2700
ELM	18	220-250	1400	6000	3200
Luxel	20	220-240	1200	8000	2700



Рисунок 2.2 – Лампа Realux

Таблиця 2.2 - Результати досліджень характеристик лампи Realux

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с	% Пульс	S
200	0.07	600	14	42.9	0.7	70	9	8
210	0.07	620	14.7	42.2	0.7	71	8	8.1
220	0.075	752	16.5	45.6	0.8	73	8	8
230	0.075	820	17.25	47.5	0.9	77	7	8
240	0.08	890	19.2	46.4	1.0	79	4	11



Рисунок 2.3 – Лампа Volta

Таблиця 2.3 - Результати досліджень характеристик лампи Volta

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с	% Пульс	S
200	0.01	485	2	242.5	0.2	52	5	3
210	0.02	470	4.2	111.9	0.5	54	4	3
220	0.03	490	6.6	74.2	0.7	56	3.3	3
230	0.03	510	6,9	73.9	0.8	59	3	3
240	0.04	523	9,6	54.5	1.1	60	4	6



Рисунок 2.4 – Лампа Maxus

Таблиця 2.4 - Результати досліджень характеристик лампи Maxus

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с°	% Пульс	S
200	0.065	720	13	55.4	0.7	49	12	9
210	0.075	820	15.75	52.1	0.8	57	7	9
220	0.075	850	16.5	51.5	0.8	58	7	9
230	0.075	855	17.25	49.6	0.9	62	6	9
240	0.08	910	19.2	47.4	1.0	66	6	13



Рисунок 2.5 – Лампа ELM

Таблиця 2.5 - Результати досліджень характеристик лампи ELM

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с°	% Пульс	S
200	0.055	560	15	37.3	0.8	52	5	8
210	0.055	573	15.75	36.4	0.9	52	4	8
220	0.06	579	16.5	35.1	0.9	56	3	8
230	0.07	591	18.4	32.1	1.0	61	4.4	9
240	0.075	600	21.6	27.8	1.2	67	5	9



Рисунок 2.6 – Лампа Luxel

Таблиця 2.6 - Результати досліджень характеристик лампи Luxel

U, В	I, А	E, Lx	P, Вт	F, Lx	cosφ	t, с	% Пульс	S
200	0.075	670	15	44.7	0.8	61	6	8
210	0.075	681	15.75	43.2	0.8	63	6	8
220	0.08	701	17.6	39.8	0.9	66	6	9
230	0.08	720	18.4	39.1	0.9	70	7	9
240	0.08	744	19.2	38.8	1.0	74	7.3	9



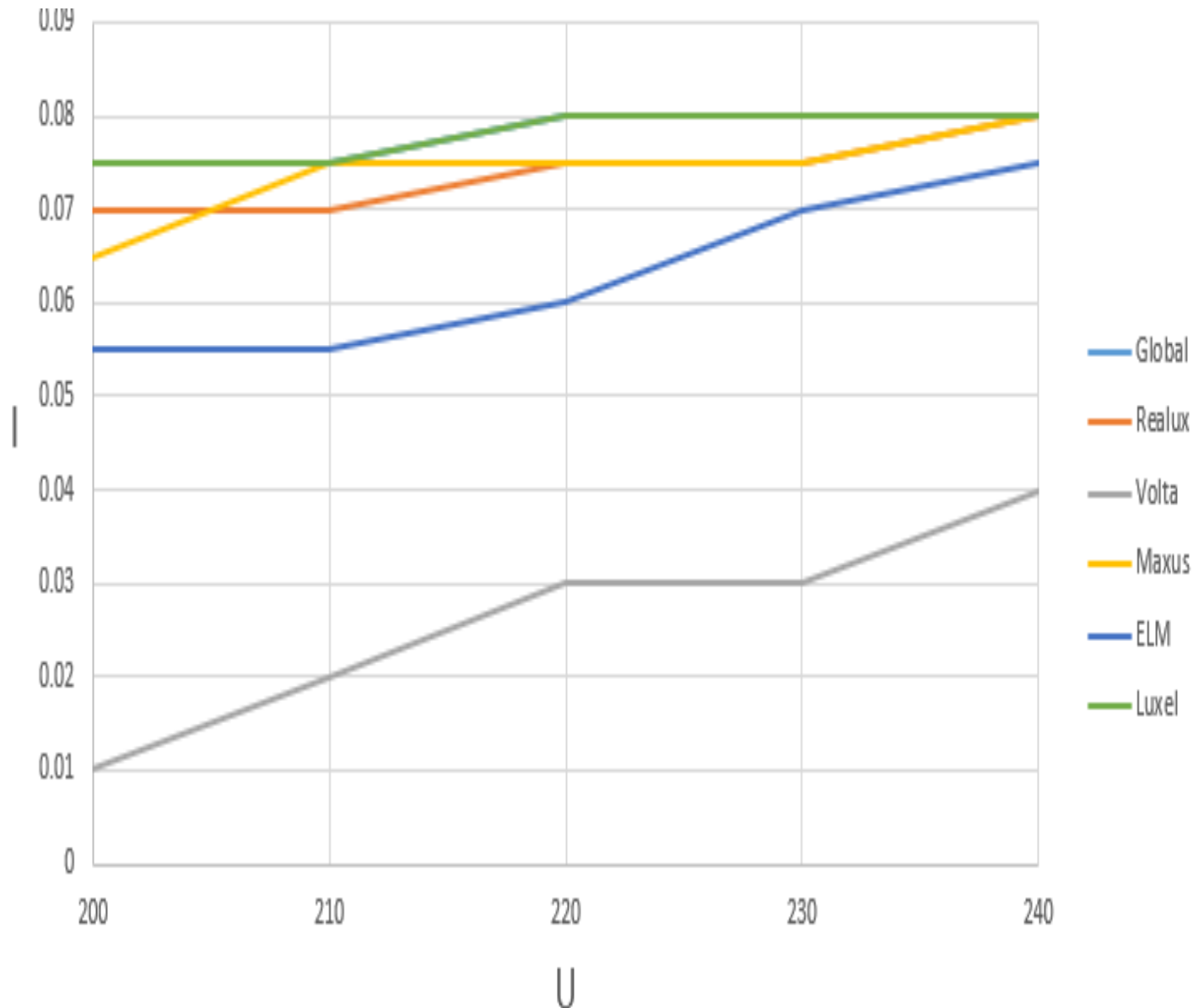
Графічні залежності

Рисунок 2.7 – Залежність струму від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel і становить 0,08А, найменше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 0,03А. Найкращі закономірності

отримали для Maxus, Realux, Luxel (стабільне значення струму у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (зростає від 0,01А до 0,04А у робочому діапазоні).

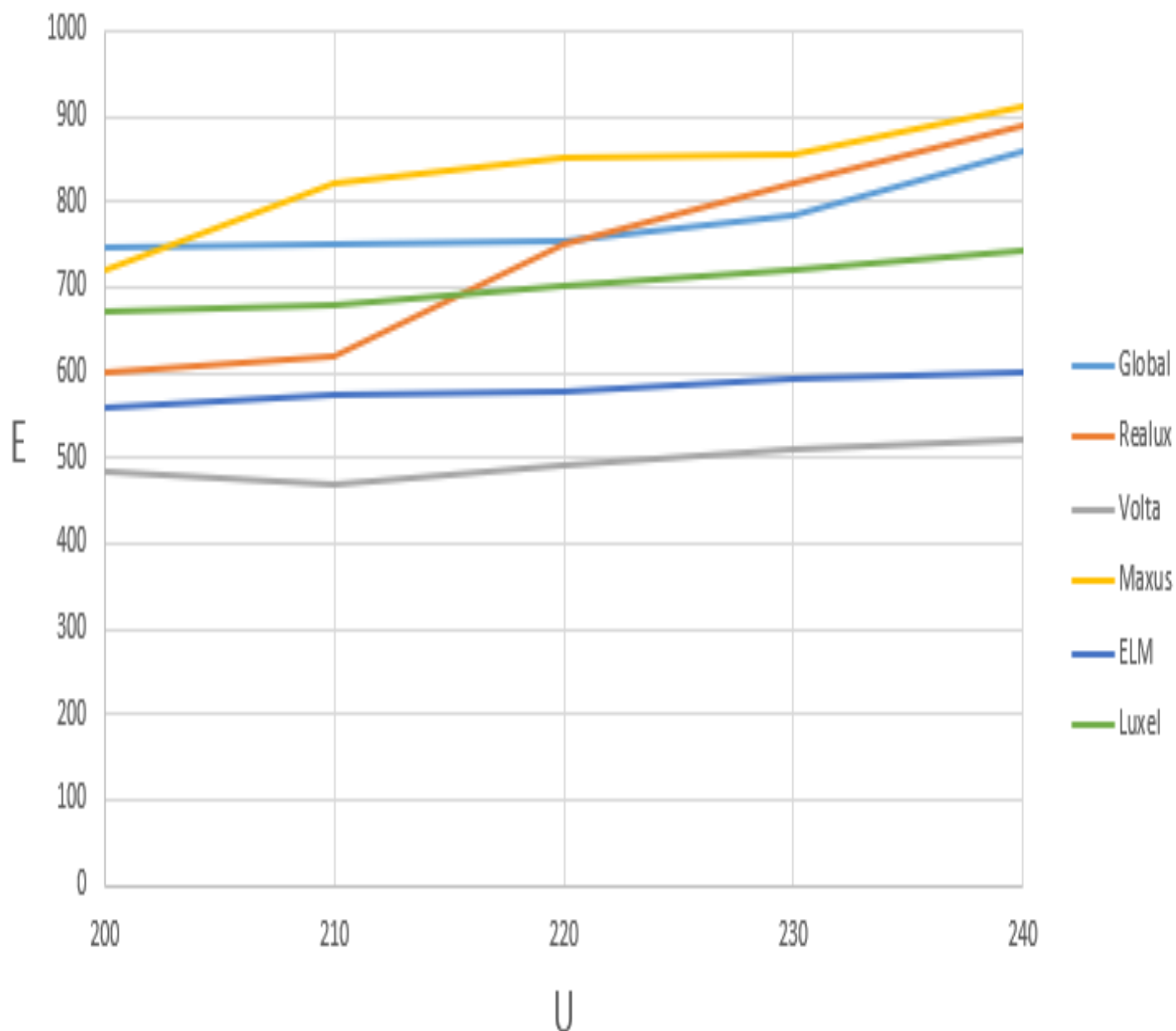


Рисунок 2.8 – Залежність світлового потоку від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Maxus і становить 860Лк, найменше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 500Лк. Найкращі



закономірності отримали для Luxel, Maxus, ELM, Volta (стабільне значення світлового потоку у робочому діапазоні), дещо поганішу для Realux (зростає від 600Лк до 900Лк у робочому діапазоні).

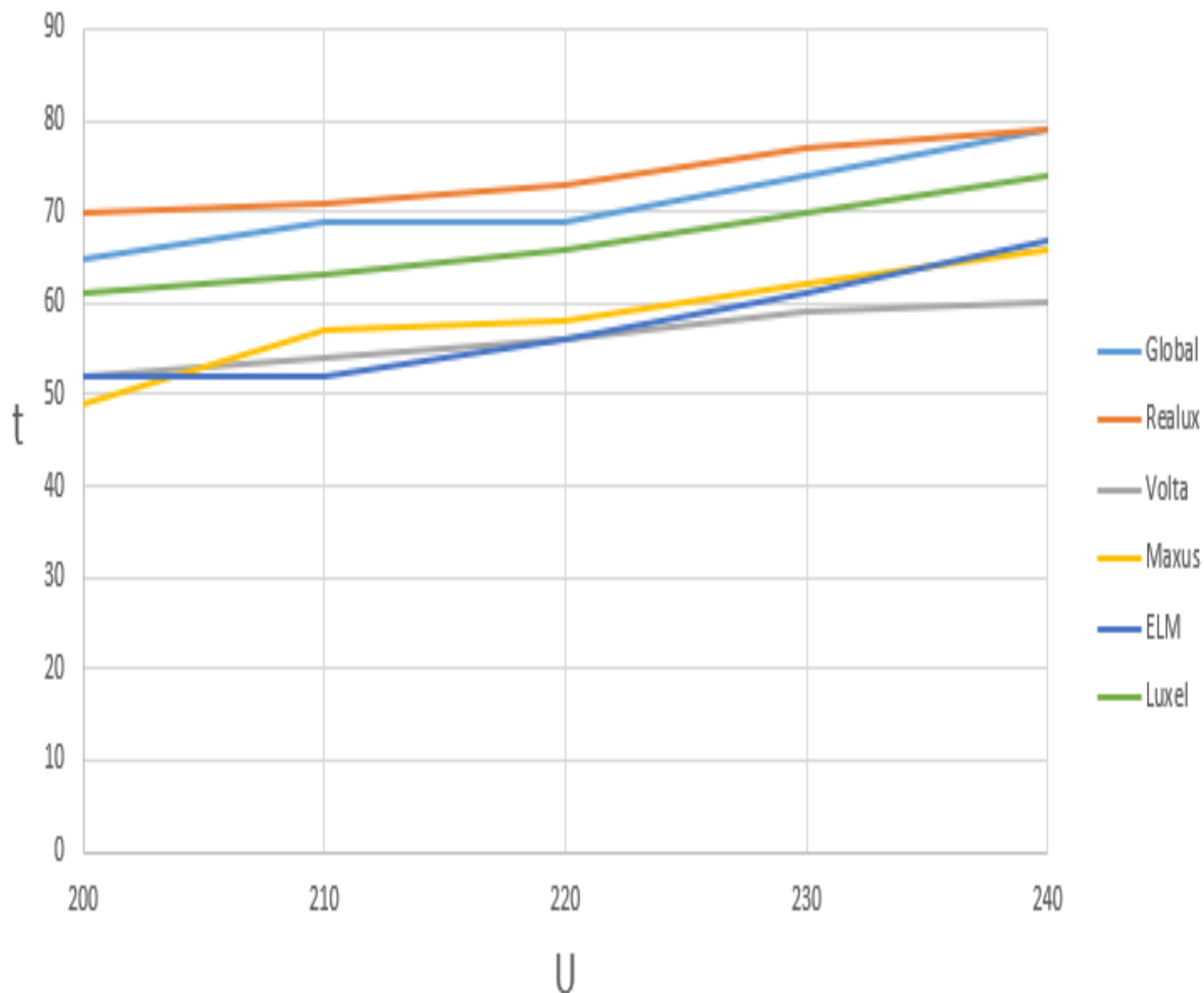


Рисунок 2.9 – Залежність температури від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Realux і становить 78 градусів Цельсія, найменше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 60

градусів Цельсія. В цілому температура для всіх ламп у робочому діапазоні зростає, в середньому від 48 градусів Цельсія до 80 градусів Цельсія.

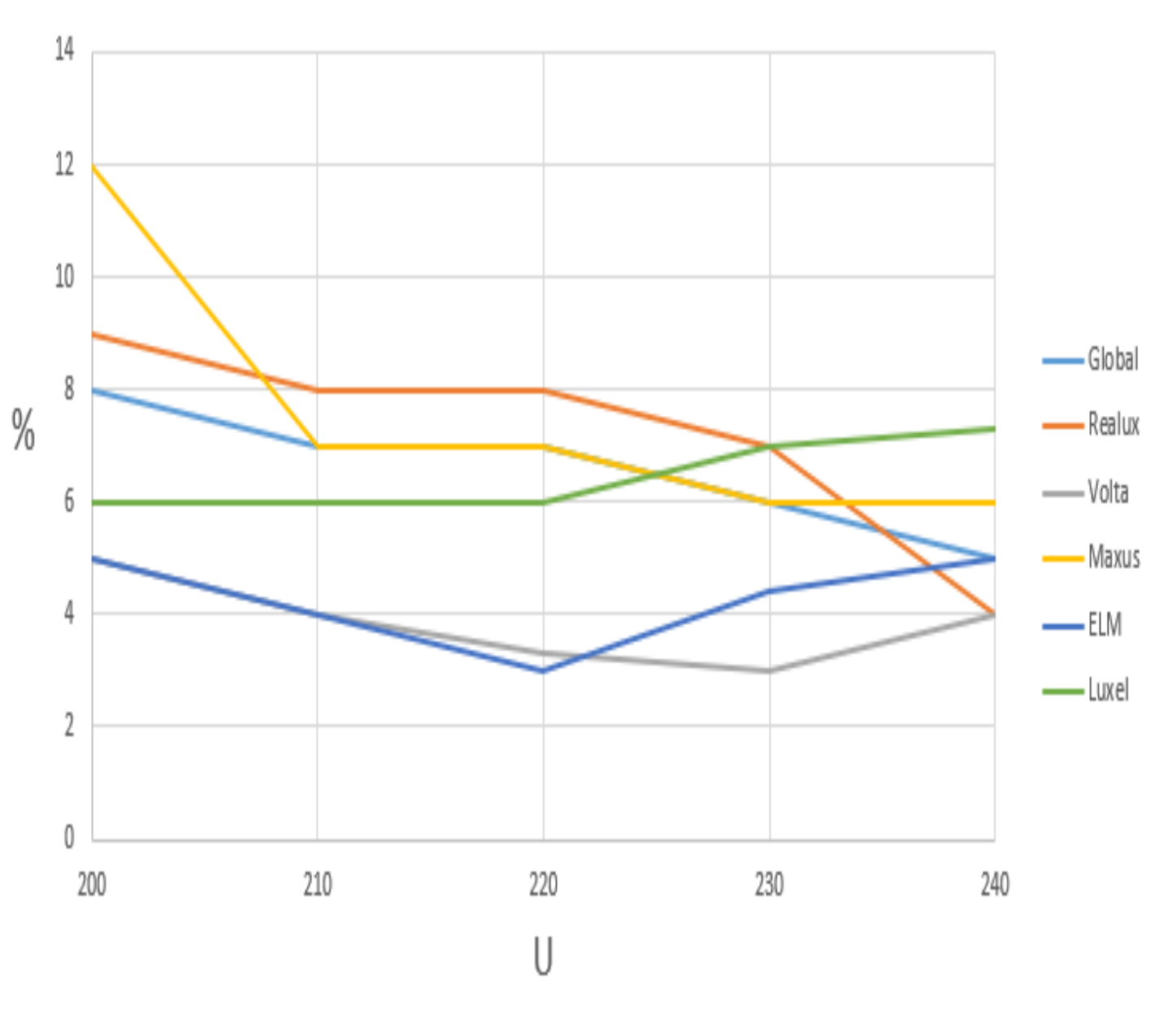


Рисунок 2.10 – Залежність пульсації від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення пульсації при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel та Realux і становить 7%, найменше значення пульсації при

номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3%. Найкращі закономірності отримали для Volta (стабільне значення пульсації у робочому діапазоні), дещо поганішу для Luxel (зростає від 6% до 7% у робочому діапазоні).

### **Висновки до розділу**

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel і становить 0,08А, найменше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 0,03А. Найкращі закономірності отримали для Maxus, Realux, Luxel (стабільне значення струму у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (зростає від 0,01А до 0,04А у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Maxus і становить 860Лк, найменше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 500Лк. Найкращі закономірності отримали для Luxel, Maxus, ELM, Volta (стабільне значення світлового потоку у робочому діапазоні), дещо поганішу для Realux (зростає від 600Лк до 900Лк у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel, Maxus, ELM, Global і становить 9Вт, найменше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel (стабільне значення повної потужності у робочому діапазоні), дещо поганішу для ELM (зростає від 8 Вт до 15Вт у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 74Лк/Вт, найменше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для ELM і становить

32Лк/Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel, Maxus, Realux, ELM, Global (стабільне значення світловіддачі у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (спадає від 240Лк/Вт до 54Лк/Вт у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Realux і становить 78 градусів Цельсія, найменше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 60 градусів Цельсія. В цілому температура для всіх ламп у робочому діапазоні зростає, в середньому від 48 градусів Цельсія до 80 градусів Цельсія.

Як ми бачимо найбільше значення пульсації при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel та Realux і становить 7%, найменше значення пульсації при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3%. Найкращі закономірності отримали для Volta (стабільне значення пульсації у робочому діапазоні), дещо поганішу для Luxel (зростає від 6% до 7% у робочому діапазоні).

### **3 ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП НА ЇХ РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Люмінесцентна лампа - це джерело світла, яке працює за рахунок люмінесценції. Люмінесценція - це випромінювання світла речовиною під дією електромагнітного поля. В люмінесцентних лампах електромагнітне поле створюється за допомогою розряду в парі ртуті.

Люмінесцентні лампи були винайдені в кінці 19 століття, але перші практичні лампи були розроблені в 1920-х роках. Спочатку люмінесцентні лампи були дуже дорогими і мали низьку ефективність, тому вони не отримали широкого поширення. Однак в 1970-х роках були розроблені більш ефективні лампи, що призвело до їх широкого застосування.

Компактна люмінесцентна лампа (КЛЛ) - це різновид люмінесцентної лампи, яка має компактну форму. КЛЛ були розроблені в 1980-х роках як альтернатива традиційним лампам розжарювання. КЛЛ мають ряд переваг перед лампами розжарювання, включаючи більш високу ефективність, триваліший термін служби і менший вплив на навколишнє середовище.

Вплив конструкції КЛЛ на їх робочі характеристики

Робочі характеристики КЛЛ визначаються їх конструкцією. Основними компонентами КЛЛ є:

Корпус - оболонка лампи, яка захищає її від пошкоджень.

База - з'єднання лампи з патроном.

Газовий розрядник - елемент, який створює розряд в парі ртуті.

Флуоресцентна плівка - елемент, який випромінює світло під дією електромагнітного поля.

Корпус КЛЛ може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як скло, пластик або метал. Корпуси з скла є найбільш поширеними, оскільки вони забезпечують гарну світлопровідність. Корпуси з пластика є більш легкими і дешевими, але вони мають меншу світлопровідність. Корпуси з металу є найміцнішими і довговічними, але вони також є найдорожчими.

База КЛЛ може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як метал, пластик або кераміка. Бази з металу є найбільш поширеними, оскільки вони надійні і довговічні. Бази з пластику є більш легкими і дешевими, але вони можуть бути менш надійними. Бази з кераміки є найбільш міцними і довговічними, але вони також є найдорожчими.

Газовий розрядник КЛЛ може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як вольфрамова нитка, вольфрамові спіралі або металокерамічні елементи. Вольфрамові нитки і спіралі є найбільш поширеними, оскільки вони є недорогими і відносно довговічними. Металокерамічні елементи є більш ефективними, але вони також є більш дорогими.

Флуоресцентна плівка КЛЛ може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як фосфати, халькогеніди або галогеніди. Фосфати є найбільш поширеними, оскільки вони забезпечують гарне відтворення кольору. Халькогеніди і галогеніди є більш ефективними, але вони також мають менш гарне відтворення кольору.

Кожна з цих характеристик впливає на робочі характеристики КЛЛ. Наприклад, корпус з скла забезпечує гарну світлопровідність, що дозволяє КЛЛ випромінювати більше світла. Газовий розрядник з металокерамічним елементом є більш ефективним, ніж з вольфрамовою ниткою або спіраллю, що дозволяє КЛЛ споживати менше енергії. Флуоресцентна плівка з фосфатів

забезпечує гарне відтворення кольору, що важливо для освітлення приміщень, де важливо бачити точні кольори.

Компактна люмінесцентна лампа є складним пристроєм, який складається з різних компонентів. Кожна з цих характеристик впливає на робочі характеристики КЛЛ. Для отримання КЛЛ з заданими робочими характеристиками необхідно правильно підібрати матеріали і конструкції компонентів.

#### Основні характеристики люмінесцентних ламп

Люмінесцентні лампи мають ряд основних характеристик, які визначають їх експлуатаційні властивості. До основних характеристик люмінесцентних ламп відносяться:

Світловіддача - це кількість світла, яку випромінює лампа в одиницю часу. Світловіддача люмінесцентних ламп значно вище, ніж у ламп розжарювання. Наприклад, люмінесцентна лампа потужністю 20 Вт має світловіддачу близько 80 Лм/Вт, тоді як лампа розжарювання потужністю 20 Вт має світловіддачу близько 12 Лм/Вт.

Термін служби - це час, протягом якого лампа зберігає свій початковий світловий потік. Термін служби люмінесцентних ламп значно вище, ніж у ламп розжарювання. Наприклад, люмінесцентна лампа може мати термін служби до 20 000 годин, тоді як лампа розжарювання - до 1000 годин.

Колірна температура - це температура, при якій абсолютно чорне тіло випромінює світло з такою ж спектральною складністю, як і випромінювана лампою. Колірна температура люмінесцентних ламп може бути різною, від теплої білої (2700 K) до холодної білої (6500 K).

Індекс передачі кольору - це міра того, наскільки точно лампа передає кольори об'єктів, що освітлюються. Індекс передачі кольору люмінесцентних ламп може бути різним, від 80 до 100.

Інші характеристики.

Крім основних характеристик, люмінесцентні лампи мають ряд інших характеристик, які можуть бути важливими для певних застосувань. До таких характеристик відносяться:

Розмір і форма - люмінесцентні лампи можуть мати різні розміри і форми, що дозволяє їх використовувати в різних світильниках.

Напруга живлення - люмінесцентні лампи можуть працювати від різних напруг живлення.

Вартість - люмінесцентні лампи, як правило, дорожчі за лампи розжарювання.

Вибір люмінесцентних ламп.

При виборі люмінесцентних ламп необхідно враховувати їх основні характеристики, а також інші характеристики, які важливі для конкретного застосування. Наприклад, якщо для освітлення приміщення важливо точно передавати кольори об'єктів, то необхідно вибрати лампу з високим індексом передачі кольору. Якщо для освітлення приміщення необхідно використовувати лампу з невеликими розмірами, то необхідно вибрати лампу з компактною формою.

Основні переваги люмінесцентних ламп.

Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання. До основних переваг люмінесцентних ламп відносяться:

- Висока світловіддача - люмінесцентні лампи мають світловіддачу в кілька разів вище, ніж лампи розжарювання. Це дозволяє економити електроенергію.
- Тривалий термін служби - люмінесцентні лампи мають термін служби в кілька разів довше, ніж лампи розжарювання. Це дозволяє зменшити витрати на заміну ламп.
- Менший вплив на навколишнє середовище - люмінесцентні лампи споживають менше енергії, ніж лампи розжарювання, що призводить до



зменшення викидів вуглецю в атмосферу. Крім того, люмінесцентні лампи не містять небезпечних речовин, таких як ртуть, що важливо для захисту навколишнього середовища.

Основні недоліки люмінесцентних ламп.

Люмінесцентні лампи мають ряд недоліків, які необхідно враховувати при їх виборі. До основних недоліків люмінесцентних ламп відносяться:

- Вплив на здоров'я - люмінесцентне світло може викликати дискомфорт у деяких людей, зокрема, головний біль, дратівливість і порушення сну.
- Вартість - люмінесцентні лампи, як правило, дорожчі за лампи розжарювання.
- Запуск - люмінесцентним лампам потрібен час для розігріву, що може призвести до некомфортного миготіння світла при включенні.
- Утилізація - люмінесцентні лампи містять ртуть, яка є токсичною речовиною. Тому люмінесцентні лампи необхідно утилізувати безпечним способом.

Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання, включаючи високу світловіддачу, тривалий термін служби і менший вплив на навколишнє середовище. Однак люмінесцентні лампи також мають ряд недоліків, які необхідно враховувати при їх виборі.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій під час виконання робіт**

Одним із основних пунктів виконання даної магістерської 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 Е27, 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.

#### **4.2 Планування заходів з покращення охорони праці**

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

До заходів щодо покращення умов праці можна віднести всі видилюдської 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;

б) 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.

### **4.3 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 [21].

Основні принципи даного методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонебезпечні 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 "І" 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 травмонебезпечних 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 4.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

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

Базові події з ймовірностями P<sub>1</sub> і P<sub>2</sub> за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію.

Тоді ймовірність виникнення цієї події P<sub>3</sub> можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2 \quad (5.1)$$

Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ..., P<sub>n</sub> тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n \quad (5.2)$$

Дві базові події з ймовірностями P<sub>1</sub> і P<sub>2</sub> за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P<sub>3</sub> буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (5.3)$$



Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями  $P_1, P_2, P_3$ , які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_2 \cdot P_3 - P_1 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (5.4)$$

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. 4.1).

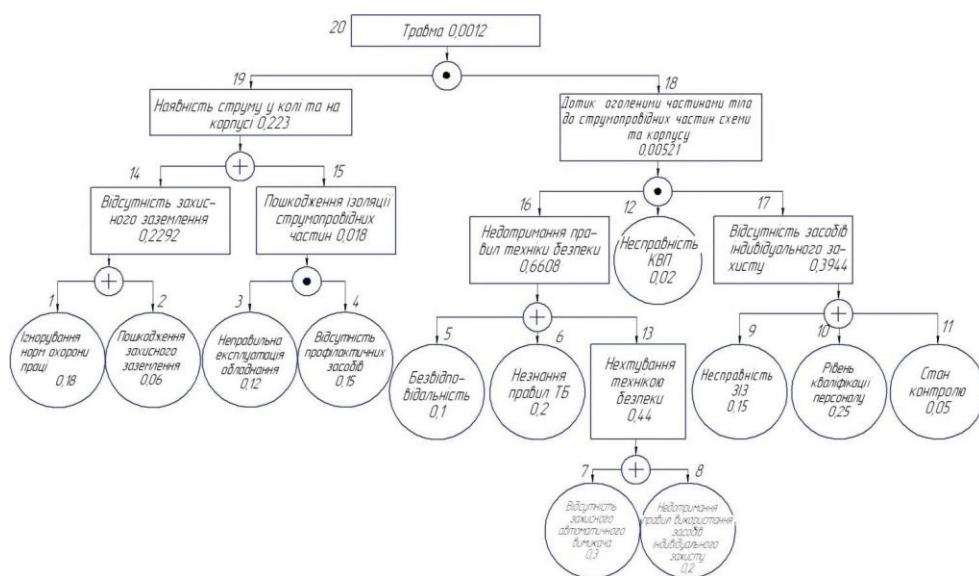


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час дослідження джерел світла

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.3), 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.

#### 4.4 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 ефективної 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.

#### **4.5 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 4.2 – 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.

#### **4.6 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 ртутьмісних 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 поширеним 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.

#### **4.7 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 отруень 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 демеркуризації 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 безпечності 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.

## 5 СВІТЛО - ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА



Рисунок 5.1 – Досліджувані джерела світла

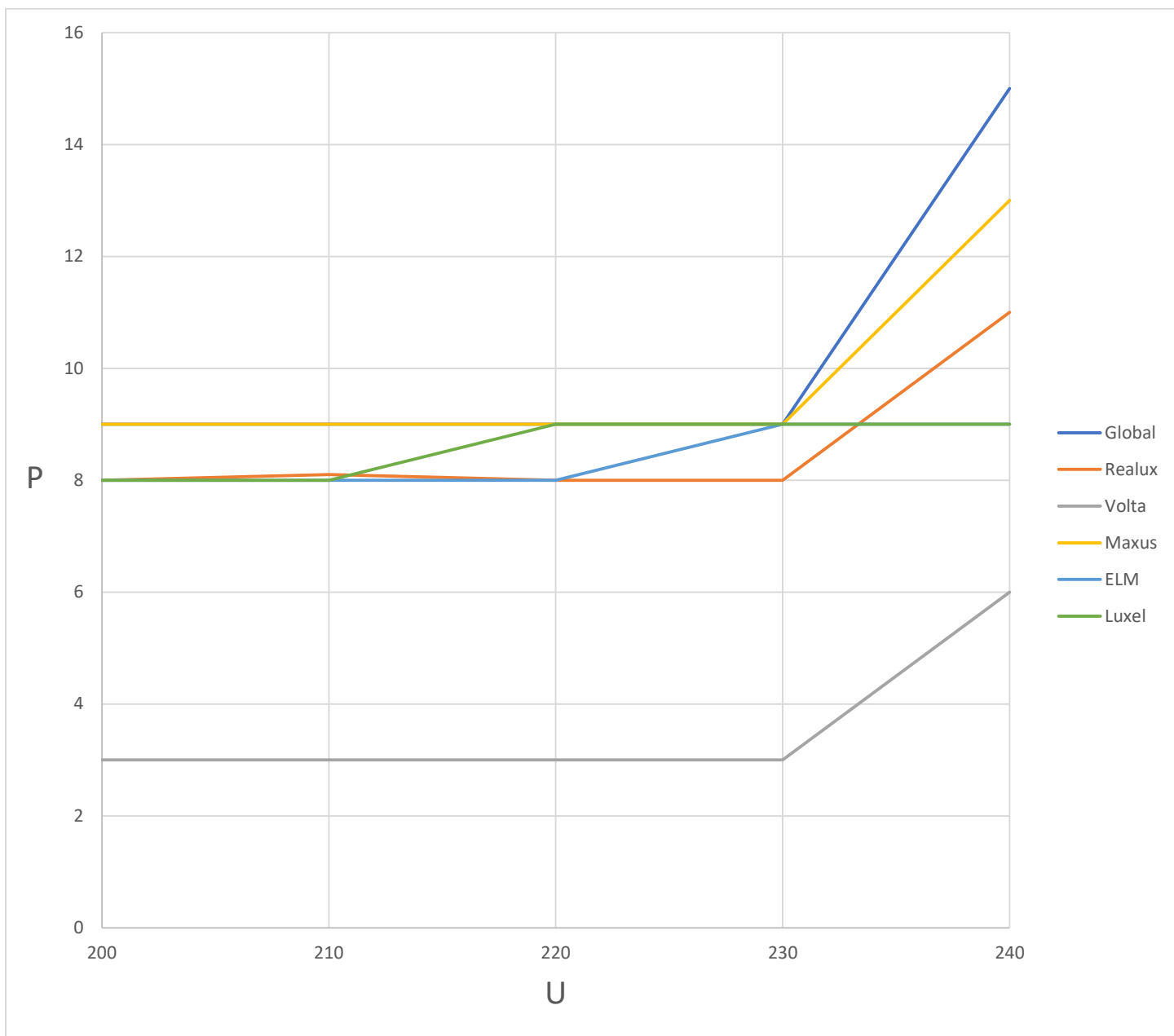


Рисунок 5.2 – Залежність повної потужності від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel, Maxus, ELM, Global і становить 9Вт, найменше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel (стабільне значення повної потужності у робочому діапазоні), дещо поганішу для ELM (зростає від 8 Вт до 15Вт у робочому діапазоні).

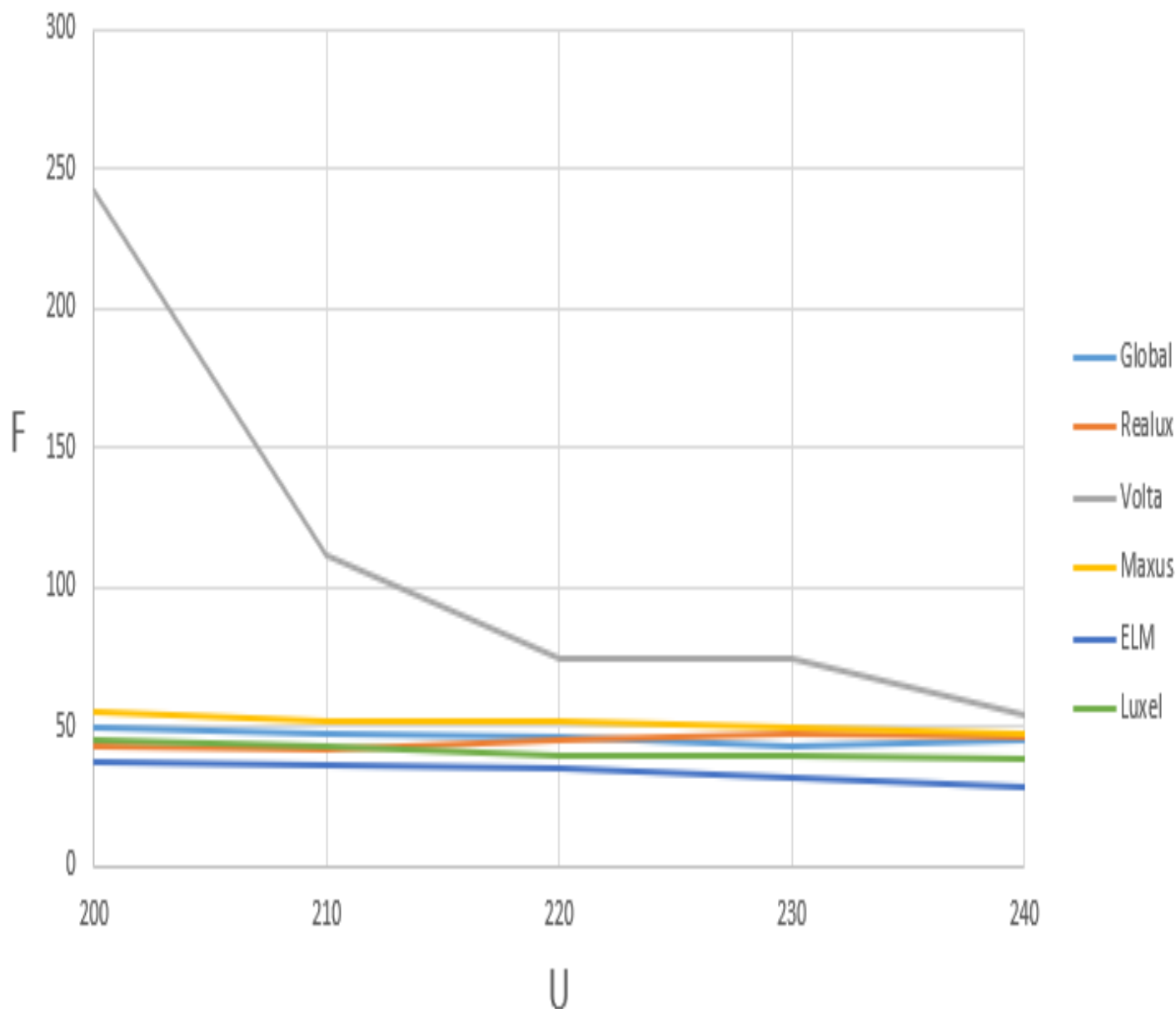


Рисунок 5.3 – Залежність світловіддачі від напруги живлення

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 74Лк/Вт, найменше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для ELM і становить 32Лк/Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel, Maxus, Realux, ELM, Global (стабільне значення світловіддачі у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (спадає від 240Лк/Вт до 54Лк/Вт у робочому діапазоні).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для дослідження були вибрані та придбані КЛЛ наступних торгових марок: Global, Reallux, Volta, Maxus, ELM, Luxel.

Як ми бачимо найбільше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel і становить 0,08А, найменше значення струму при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 0,03А. Найкращі закономірності отримали для Maxus, Reallux, Luxel (стабільне значення струму у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (зростає від 0,01А до 0,04А у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Maxus і становить 860Лк, найменше значення світлового потоку при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 500Лк. Найкращі закономірності отримали для Luxel, Maxus, ELM, Volta (стабільне значення світлового потоку у робочому діапазоні), дещо поганішу для Reallux (зростає від 600Лк до 900Лк у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel, Maxus, ELM, Global і становить 9Вт, найменше значення повної потужності при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel (стабільне значення повної потужності у робочому діапазоні), дещо поганішу для ELM (зростає від 8 Вт до 15Вт у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 74Лк/Вт, найменше значення світловіддачі при номінальній напрузі 230В спостерігається для ELM і становить 32Лк/Вт. Найкращі закономірності отримали для Luxel, Maxus, Reallux, ELM, Global (стабільне значення



світловіддачі у робочому діапазоні), дещо поганішу для Volta (спадає від 240Лк/Вт до 54Лк/Вт у робочому діапазоні).

Як ми бачимо найбільше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Realux і становить 78 градусів Цельсія, найменше значення температури при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 60 градусів Цельсія. В цілому температура для всіх ламп у робочому діапазоні зростає, в середньому від 48 градусів Цельсія до 80 градусів Цельсія.

Як ми бачимо найбільше значення пульсації при номінальній напрузі 230В спостерігається для Luxel та Realux і становить 7%, найменше значення пульсації при номінальній напрузі 230В спостерігається для Volta і становить 3%. Найкращі закономірності отримали для Volta (стабільне значення пульсації у робочому діапазоні), дещо поганішу для Luxel (зростає від 6% до 7% у робочому діапазоні).

## 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.

