

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК
Кафедра маркетингу та управління бізнесом

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

освітній ступінь – магістр

на тему: **«ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМ
ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦІ ТА ПРИМІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАМП
РІЗНИХ ТИПІВ ДЛЯ КРАЇН ЄВРОСОЮЗУ (НІМЕЧЧИНА, ДАНІЯ,
ПОЛЬЩА) ТА УКРАЇНИ»**

Виконала: студентка 2-го року
навчання,

спеціальності 073 «Менеджмент»,
освітньо-наукова програма Управління
енергоефективністю

Малай Т.В.

Керівник Мамалига В.М., кандидат
технічних наук, доцент

Рецензент Карамушка В.І., кандидат
біологічних наук, доцент

Магістерська робота захищена з
оцінкою _____

Секретар ЕК _____

«____» _____ 2022 р.

Київ-2022

ГРАФІК ПІДГОТОВКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

№ з/п	ПЕРЕЛІК РОБІТ	Термін виконання	Дата ознайомлення наукового керівника	Підпис наукового керівника	Примітки
1.	Вибір теми, затвердження її на засіданні кафедри та закріплення наукового керівника Узгодження календарного графіка підготовки кваліфікаційної роботи. Ознайомлення студента з критеріями оцінювання кваліфікаційної роботи (п. 8.5).	жовтень	11.10.2021		
2.	Вивчення джерел літератури, матеріалів архівів, періодичних видань, збір та узагальнення фактів, даних	жовтень – листопад	12.10.2021		
3.	Складання плану каліф. роботи та узгодження з науковим керівником	листопад	8.11.2021		
4.	Написання розділів роботи <i>або</i> Постановка експерименту, аналіз отриманих результатів наукового дослідження	листопад – березень	24.11.2021		
5.	Проміжний контроль виконання роботи	лютий	7.02.2021		
6.	Написання кваліфікаційної роботи в цілому, ознайомлення з її першим варіантом наукового керівника	січень – березень	10.01.2022		
	Розділ 1 (постановка проблеми, теоретичні основи, огляд літературних джерел)		18.01.2022		
	Розділ 2 (аналітично-дослідницька частина) (експериментальна частина для природничих і біологічних наук)		21.02.2022		
	Розділ 3 (проектно-рекомендаційна частина) (аналіз результатів експерименту для природничих і біологічних наук)		30.03.2022		
7.	Повне завершення написання кваліфікаційної роботи, оформлення її згідно з вимогами й подання на відгук науковому керівнику	квітень – початок червня	02.06.2022		
8.	Подання кваліфікаційної роботи для перевірки письмових робіт студентів НаУКМА на відповідність вимогам академічної доброчесності,	середина червня	08.06.2022		
9.	Подання на зовнішню рецензію	середина червня	03.06.2022		
10.	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи на засіданні кафедри: написання доповіді та виготовлення ілюстративного матеріалу	до 22 травня	20.05.2022		
11.	Попередній захист кваліфікаційної роботи на засіданні кафедри	23 травня	23.06.2022		
12.	Подання кваліфікаційної роботи на кафедру з усіма супроводжувальними документами	до 15 червня	08.06.2022		
13.	Публічний захист кваліфікаційної роботи перед екзаменаційною комісією	згідно з розкладом роботи ЕК	30.06.2022		

Графік узгоджено « 11 » _____ жовтня _____ 20 21 р.

Науковий керівник _____ Мамалига В.М. (ПІБ)

Виконавець кваліфікаційної роботи _____ Малай Т.В. (ПІБ)

ПРИМІТКА: Завдання на кваліфікаційну/магістерську роботу та графік підготовки кваліфікаційної/магістерської роботи до захисту друкуються на одному аркуші, на двох сторінках.

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

Факультет економічних наук

Кафедра маркетингу та управління бізнесом

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 073 Менеджмент

(код і назва)

Освітньо-наукова програма Управління енергоефективністю

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Пічик К.В.

“___” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
ДЛЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Малай Тетяні Вадимівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Техніко-економічне обґрунтування вибору систем освітлення вулиці та приміщення з використанням ламп різних типів для країн Євросоюзу (Німеччина, Данія, Польща) та України»

керівник роботи Мамалига Володимир Михайлович, кандидат технічних наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» червня 2022 року №__

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2022 р.

3. План роботи Розділ. 1. Стан і перспективи розвитку електроенергетики в Європі та в Україні

Розділ 2. Аналіз основних типів систем освітлення та їхньої ефективності

Розділ 3. Основні напрями підвищення ефективності використання систем освітлення

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПІ ТА В УКРАЇНІ.....	5
1.1. Характеристика електроенергетичної галузі в Європі.....	5
1.2. Підходи до аналізу електроенергетичної галузі України.....	16
Висновки до розділу 1.....	26
Розділ 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТИПІВ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЇХНЬОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	29
2.1. Оцінка ефективності систем зовнішнього освітлення.....	29
2.2. Аналіз сучасних систем освітлення приміщень.....	34
Висновки до розділу 2.....	39
Розділ 3. ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ.....	41
3.1. Удосконалення функціонування систем вуличного освітлення.....	41
3.2. Оптимізація процесів вибору та застосування систем освітлення приміщень.....	50
Висновки до розділу 3.....	57
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

ВСТУП

Розвиток суспільства та національної економіки зараз неможливий без ефективної електроенергетичної системи. Електроенергетичний сектор задовольняє попит населення та суб'єктів господарювання у необхідній кількості електроенергії. Це робить життя громадян та функціонування підприємств більш комфортним та безпечним.

Сучасна електроенергетична галузь як в Європі, так і в Україні зазнає серйозних структурних змін. Екологічний курс розвитку, неймовірне зростання цін на енергоносії і у зв'язку з цим на електроенергію, прагнення до енергетичної незалежності, газові кризи у Європі та війна в Україні стимулюють країни до перебудови своїх політик та економік у сфері електроенергетики. Змінюються частки кожного виду виробництв – традиційні стають більш дорогими, не екологічними та втрачають свої позиції, а нетрадиційні – нарощують свої потужності, стають більш доступними та привабливими для застосування, розвитку та інвестування.

Крім загальної реструктуризації галузі також активно впроваджуються та застосовуються енергоощадні та енергоефективні заходи і технології. При виборі систем як зовнішнього, так і внутрішнього освітлення, усе більше уваги приділяється економічним аспектам, бо стрімке зростання цін, яке зараз спостерігається на європейському та українському ринках електроенергії, на енергоносії та тарифи на електроенергію прямо впливає на збільшення загальних експлуатаційних витрат. Приватні та комерційні споживачі прагнуть зменшити обсяги експлуатаційних витрат таких систем. Цього можна досягти використанням сучасних енергоефективних та енергоощадних освітлювальних засобів.

Залежно від ролі та призначення системи освітлення доцільність використання кожного з типів ламп, що можуть бути застосовані у системах освітлення, може змінюватись. Тому необхідним є проведення аналізу доцільності використання найпоширеніших варіантів систем зовнішнього та внутрішнього освітлення з використанням різних типів ламп. Це потребує розрахунку економічного ефекту від використання кожного з типів ламп за різної вартості грошей з урахуванням наявних

та прогнозованих тарифів на електроенергію по кожній з досліджуваних країн, бо останні події у світі значно вплинули та продовжують впливати на кон'юнктуру електроенергетичного ринку та стан галузі в цілому.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю зниження енергоємності господарської діяльності, рівня енергетичної залежності, обсягу витрат і негативного впливу на довкілля, а також підвищення енергоефективності кожної сфери національної економіки.

Метою роботи є аналіз залежності витрат від вартості капіталу та тарифів на електроенергію для різних типів ламп для країн ЄС (Німеччина, Данія, Польща) та України, а також розроблення пропозицій щодо підвищення енергоефективності систем зовнішнього та внутрішнього освітлення.

Для досягнення мети були необхідно було забезпечити виконання таких завдань:

- дослідити стан та перспективи розвитку електроенергетичної галузі ЄС та України;
- визначити головні проблеми галузі, запропонувати та обґрунтувати основні шляхи їх подолання;
- провести порівняльний аналіз доцільності застосування різних типів освітлювальних засобів у системах зовнішнього та внутрішнього освітлення;
- обґрунтувати методику визначення доцільності застосування різних типів освітлювальних засобів у системах зовнішнього та внутрішнього освітлення;
- визначити оптимальні варіанти функціонування систем зовнішнього і внутрішнього освітлення.

Об'єктом дослідження є сучасний ринок освітлювальних засобів.

Предметом дослідження є вплив стану та кон'юнктури ринку на економічну доцільність використання певних типів ламп у системах освітлення.

Інформаційним забезпечення роботи слугували статистичні дані, дані щодо цін на освітлювальні засоби для систем зовнішнього та внутрішнього освітлення і тарифів на електроенергію у країнах, ринок яких досліджується.

Розділ 1. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПІ ТА В УКРАЇНІ

1.1. Характеристика електроенергетичної галузі в Європі

За останні п'ять років Європейський Союз досяг значного рівня розвитку в електроенергетичній та паливній галузях шляхом впровадження заходів, що пов'язані з підвищенням енергоефективності, використанням відновлюваної енергії та скороченням викидів парникових газів. На прийняття таких рішень безпосередньо вплинули: глобальна зміна клімату, втрата актуальності традиційних методів виробництва електроенергії, економічна криза спричинена Covid-19.

У 2020 році економічний спад у ЄС становив майже 10% через пандемію, спричинену Covid-19. Криза також вплинула на енергетичний сектор, що є основою ефективного функціонування економіки та безпечного існування населення. Через різке скорочення промислової діяльності, кількості повітряного та автомобільного транспорту, закриття та призупинення бізнесів у ЄС спостерігалось падіння попиту та пропозиції на електроенергію, а також зниження рівня викидів CO₂, що пов'язані з енергетикою, на 8% у першому кварталі 2020 року у порівнянні з тим же періодом 2019 року (рис. 1.1) [9].

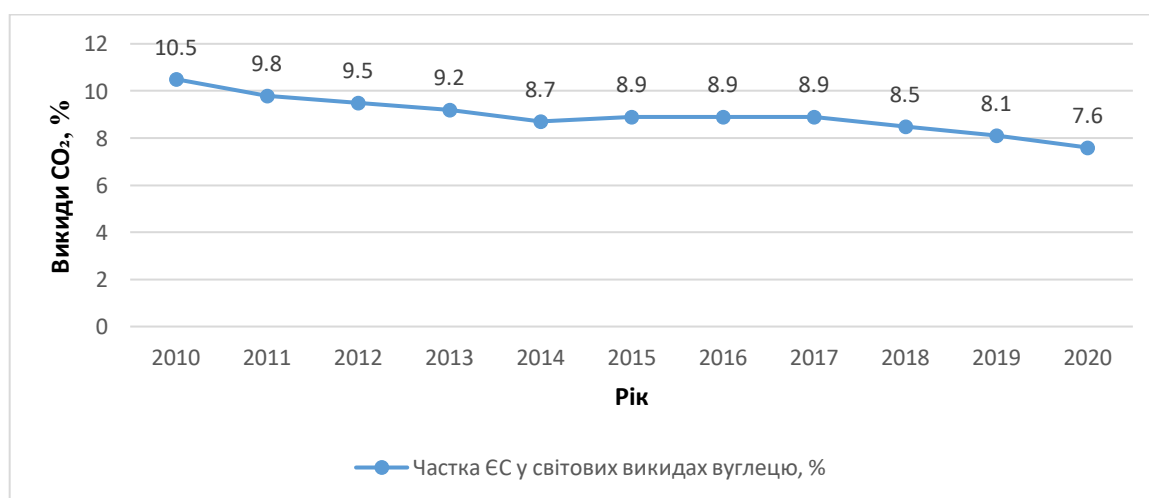


Рис. 1.1. Частка ЄС у світових викидах CO₂, %, 2010–2020 рр. [6]

Електроенергія виробляється як первинний або вторинний продукт на електростанціях. Загальна кількість виробленої електроенергії є валовим виробництвом електроенергії. Електростанції також споживають деяку кількість електроенергії для власних потреб. Тому чисте виробництво електроенергії обчислюють вирахуванням цієї кількості з валового виробництва. Ця чиста продукція через національні мережі передачі та розподілу доставляється до кінцевих споживачів – перетворюється на тепло, зберігається або продається (експортується чи імпортується).

Загальне валове виробництво електроенергії в ЄС у 2019 році не відповідало тенденції останніх років – з 2010 до 2015 року обсяг виробленої електроенергії зменшувався, а в останні роки знову почав поступово зростати (рис. 1.2).

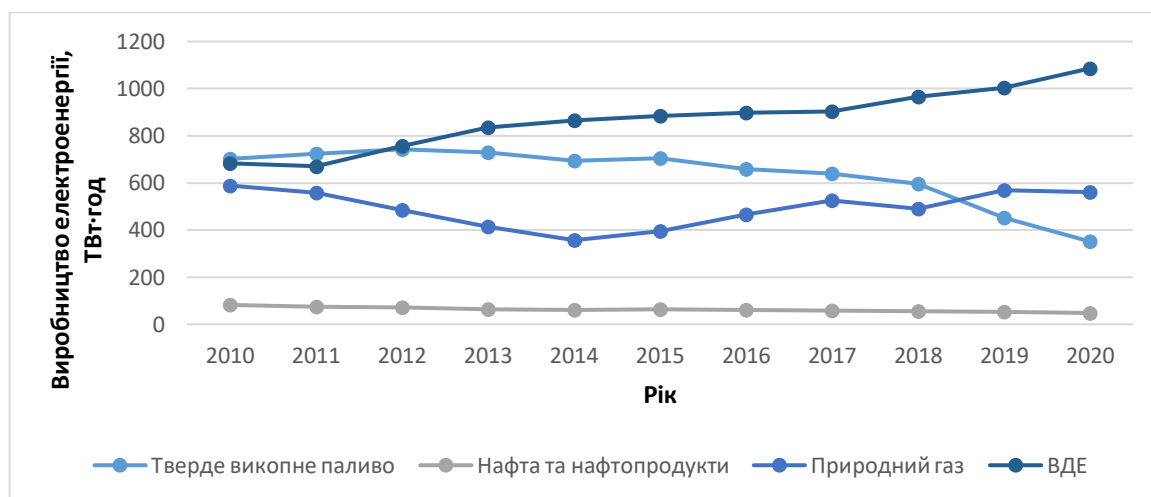


Рис. 1.2. Валове виробництво електроенергії за різними видами палива в ЄС, ТВт·год, 2010-2020 рр. [47]

Протягом першого кварталу 2020 року попит на вугілля в ЄС знизився на 20%. Наразі вугільні електростанції виробляють тільки 13% електроенергії в Європі. Частка відновлюваних джерел енергії навпаки досягла рекордно високого рівня. У 2020 році вперше обсяг електроенергії, яку виробили в ЄС з відновлювальних джерел (38%), перевищив обсяг, згенерований з використанням паливних джерел (37%). За останні 5 років виробництво електроенергії з відновлюваних джерел збільшилося на 16% і це єдине джерело, обсяги виробництва якого продовжують зростати [47].

Найбільші частки у виробництві електроенергії за допомогою ВДЕ займають вітрова (36,5%) та сонячна генерація (11,9%), а разом вони становлять п'яту частину всієї виробленої електроенергії в ЄС. Найбільша частка вітрової та сонячної генерації зафіксована у Данії (61%) та Німеччині (33%) [49].

Після падіння на 3,5% з початку пандемії попит на електроенергію у 2021 році майже досяг рівня 2019 року, піднявшись на 3,4%, проте загальні тенденції значно відрізняються на національному рівні. Дослідження також показало, що у 2020 році виробництво електроенергії в Європі було на 29% менше, ніж у 2015 році. На рівень попиту впливає багато факторів, серед яких загальний рівень життя, економіка країни та погодні умови, а також енергоефективність будівель та приладів. Попит на електроенергію залишився значно нижчим, ніж допандемічний рівень у Німеччині (-1%), тоді як він суттєво збільшився у Польщі (+3%) (рис.1.3).

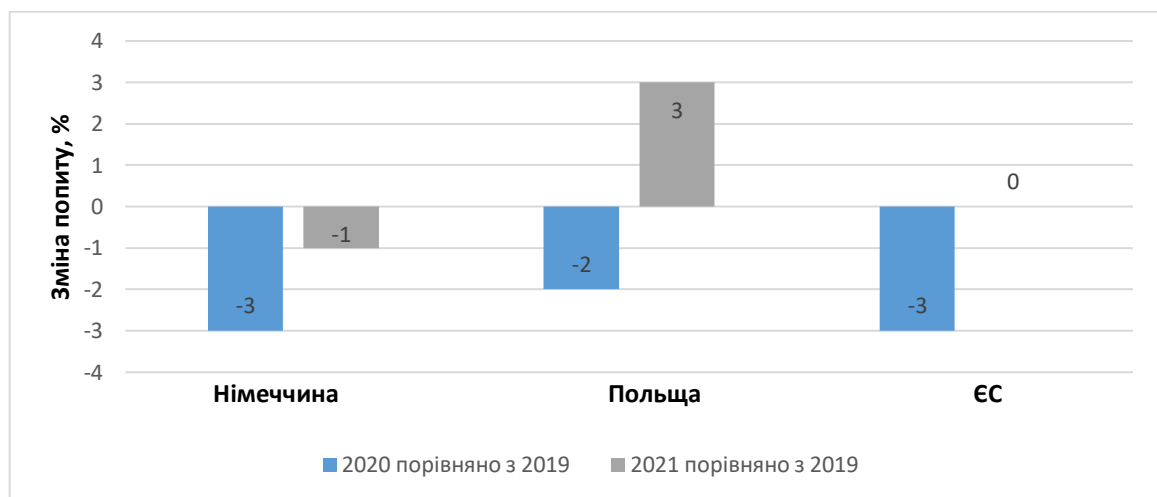


Рис. 1.3. Зміна попиту на енергію у країнах ЄС, % [4]

Ринок електроенергії в ЄС формують:

- виробники електроенергії – можуть продавати електроенергію, яку вони виробляють, безпосередньо великим споживачам, наприклад, промисловим підприємствам або постачальникам електроенергії. Для цього вони часто об'єднуються. Різні компанії зарекомендували себе як спеціалісти в цій галузі, укладаючи договори між виробниками та замовниками. Цей вид торгівлі

зазвичай відбувається на онлайн-платформах. Окрім таких позабіржових торгів, існують також біржі електроенергії, наприклад, EEX у Лейпцигу;

- біржові фірми – спеціальні компанії, які займаються продажем електроенергії за певну комісію, бо лише невелика кількість виробників електроенергії самостійно продають її на біржі;
- компанії-оператори систем передачі електроенергії – забезпечують транспортування великих обсягів електроенергії по всій території через високовольтні лінії електропередач, а також постачання електроенергії системам середньої та низької напруги, якими керують оператори систем розподілу та основні споживачі (хімічні, металургійні та інші підприємства);
- комунальні підприємства – забезпечують електропостачання кінцевих споживачів. Часто такі підприємства також експлуатують регіональні середньо- та низьковольтні мережі, тобто є операторами систем розподілу. Однак після лібералізації ринків комунальному підприємству більше не потрібно бути оператором системи розподілу;
- споживачі – можуть бути як комунальними, так і приватними. Це підприємства та домогосподарства. Через те, приватні споживачі самостійно обирають постачальника електроенергії, вони мають непрямий вплив на ціноутворення.

Залежно від моделі, яку використовує національний ринок, ціноутворення може змінюватися на кожному окремому рівні розподілу, оскільки кожна країна встановлює власні податки та збори. У Німеччині, наприклад, такі відрахування становлять близько 50% витрат на електроенергію для домогосподарств, тоді як сама вартість електроенергії складає 25%. Тобто виробники та комунальні підприємства мають вплив лише на чверть ціни, знижуючи витрати (виробничі чи адміністративні) або купуючи електроенергію на біржі за вигідними умовами [7].

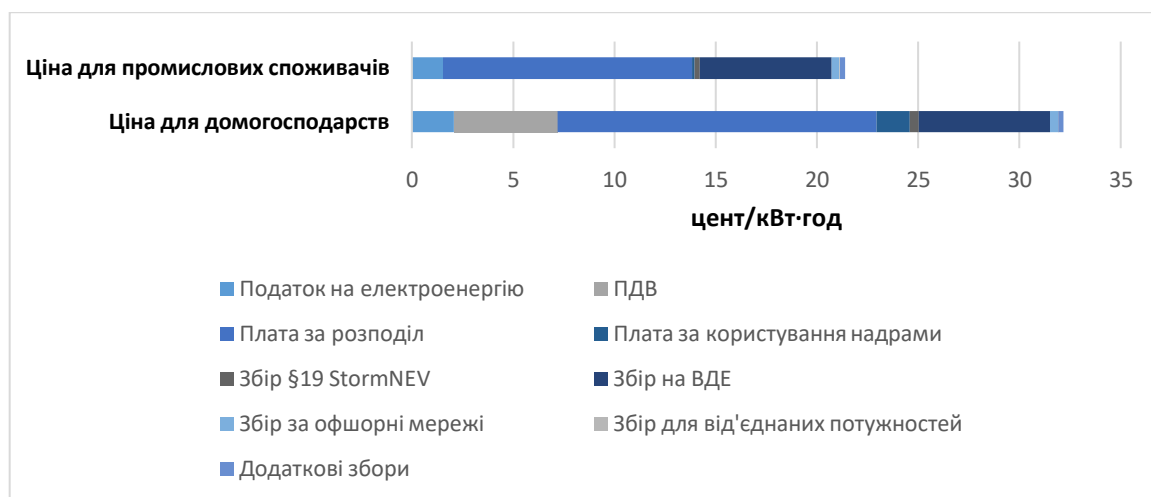


Рис. 1.4. Ціна на електроенергію для населення та промисловості в Німеччині у 2021 році, цент/кВт·год [7]

Ринок компенсує лише фактично вироблену електроенергію. Якщо попит перевищує пропозицію, ціна зростає. Таким чином, така система надає перевагу технологіям виробництва електроенергії з низькими граничними витратами, таким як сонячна або вітрова енергія. Якщо вони виробляють менше електроенергії, ніж необхідно для задоволення попиту, активуються додаткові джерела енергії. Електростанції з піковим навантаженням, які переважно працюють на викопному паливі, такому як вугілля та газ, останніми виходять на ринок у разі дефіциту. Вони задовольняють високий попит на електроенергію за дуже високими цінами. Тобто ціна виступає індикатором того, чи потрібно будувати додаткові потужності. Така ситуація притаманна «ринку енергії», який характерний для Німеччини.

У ЄС також можуть зустрічатися так звані «ринки потужностей». Вони використовуються для торгівлі гарантіями виробництва або наявними потужностями. Тобто компанії, що розподіляють електроенергію, купують сертифікати, які дають їм право на фіксовану кількість електроенергії від виробника в певний момент часу – незалежно від того, бере її покупець чи ні. Система забезпечує постачання та надає операторам великих електростанцій необхідну безпеку у плануванні – виробники отримують оплату навіть коли електростанції не працюють. Однак такий підхід може призвести до появи надлишкових потужностей.

Країни ЄС усе ще продовжують використовувати викопне паливо для виробництва електроенергії, поступово зменшуючи їхню частку для досягнення «кліматичної нейтральності». У грудні 2019 року була прийнята Європейська зелена угода, яка регулює план дій для підвищення ефективності використання ресурсів шляхом екологізації економіки та скорочення забруднення довкілля. ЄС прагне бути кліматично нейтральним у 2050 році. Досягнення цієї мети вимагатиме реформування усіх секторів економіки - інвестування в екологічно чисті технології, підтримка інноваційного виробництва, використання екологічних та економічних видів приватного та громадського транспорту, декарбонізацію енергетичного сектору, підвищення рівня енергоефективності та впровадження енергоощадних заходів. Наприклад, у 2020 році частка електроенергії виробленої за допомогою вітрової та сонячної генерації уже становила чверть загальної кількості [47].

Перші цілі щодо темпів розвитку ВДЕ було визначено ще в 1997 році з метою збільшення долі відновлюваної енергії у загальній структурі до 12% до 2010 року, а перший «зелений» тариф був запроваджений у Німеччині в 1991 році. Подібні закони згодом застосовувалися й в інших країнах. У 2009 році Директивою 2009/28/ЄС було закріплено, що відновлювані джерела енергії мають становити 20% загального споживання енергії в Європейському Союзі до 2020 року і вже у 2012 році відсоток «зеленої» енергії становив 18% [35].

У 2021 році виробництво електроенергії з викопного палива зросло на 4%. Це було пов'язано зі зростанням попиту на електроенергію, що відновився після падіння під час пандемії. Зараз частка використання викопного палива для виробництва електроенергії все ще становить більше ніж третину від загальної кількості енергоресурсів (37%). Проте виробництво електроенергії з викопного палива є на 6% нижчим, ніж у 2019 році, в результаті тривалого зростання популярності відновлюваної енергії (особливо вітрової та сонячної) протягом останніх років. Цьому сприяла політика ЄС, орієнтована на запобігання зміні клімату, що спричинило радикальні зміни в енергетичному секторі – пакет заходів підкріплював процес інвестування та розвитку сектору відновлювальної енергетики [4].

У 2021 році також значно зросли ціни на викопне паливо, що призвело до змін на ринку електроенергії – вартість виробництва електроенергії на заводах, що працюють на викопному газі, зросла майже в 7 разів. На підвищення цін на газ вплинули такі фактори:

- холодна зима;
- збільшення попиту та цін на скраплений природний газ в Азії та Південній Америці;
- зростання загального світового попиту на газ у зв'язку зі зняттям обмежень щодо Covid-19;
- нижчий, ніж очікувалося, імпорт викопного газу з Росії.

Уже з другої половини 2021 року вартість виробництва електроенергії з викопного газу була майже у 2 рази дорожчою, ніж з вугілля [4].

Нова динаміка ціноутворення стимулювала використання відновлюваних джерел енергії, що майже замінило використання вугілля в першому півріччі 2021 року. Проте у другій половині року навпаки – вугілля прийшло на заміну газу [49].

Найбільший рівень зниження використання природного газу спостерігається у країнах, де відновлювана генерація зростає. Зниження рівня використання вугілля здебільшого викликано повним закриттям вугільних електростанцій, що передбачено довгостроковою стратегією ЄС – значне поетапне скорочення потужностей з виробництва електроенергії на викопному паливі з майже 44% у 2015 році до 24% до 2030 року [5]. Проте, на жаль, це компенсується збільшенням використання вугільних електростанцій в інших країнах ЄС. Наприклад, виробництво вугілля в Польщі з 2019 року зросло на 7%, що навіть зробило країну експортером електроенергії [49].

Вітрова та сонячна енергія вже були дешевшими, ніж викопний газ для виробництва електроенергії ще до того, як ціни на нього почали підвищуватися, і відтоді вони стали ще більш конкурентоспроможними, попри рівень цін на обладнання. Крім того, розвиток технологій зберігання та накопичення енергії дозволяють робити сховища для електроенергії, згенерованої за допомогою ВДЕ. Це робить вітрові та сонячні електростанції основою майбутньої європейської

електроенергетичної системи. Очікується, що вітрова генерація буде провідною і передбачається, що на неї буде припадати понад 40% виробленої електроенергії, а сонячна генерація буде на другому місці і складатиме близько 30% [5].

Зараз багато європейських країн заклали основи для розвитку генерації електроенергії за допомогою сонячної енергії. Проте прогрес у Європі вкрай нерівномірний. Так деякі країни ще взагалі не почали використовувати сонячні електростанції. А, наприклад, у Польщі спостерігається швидке зростання виробництва сонячної енергії, яка з 2019 року зросла більш ніж удвічі (рис. 1.5), хоча країна має помірні умови для розвитку та застосування технології (географічні та кліматичні обмеження, високі початкові витрати).

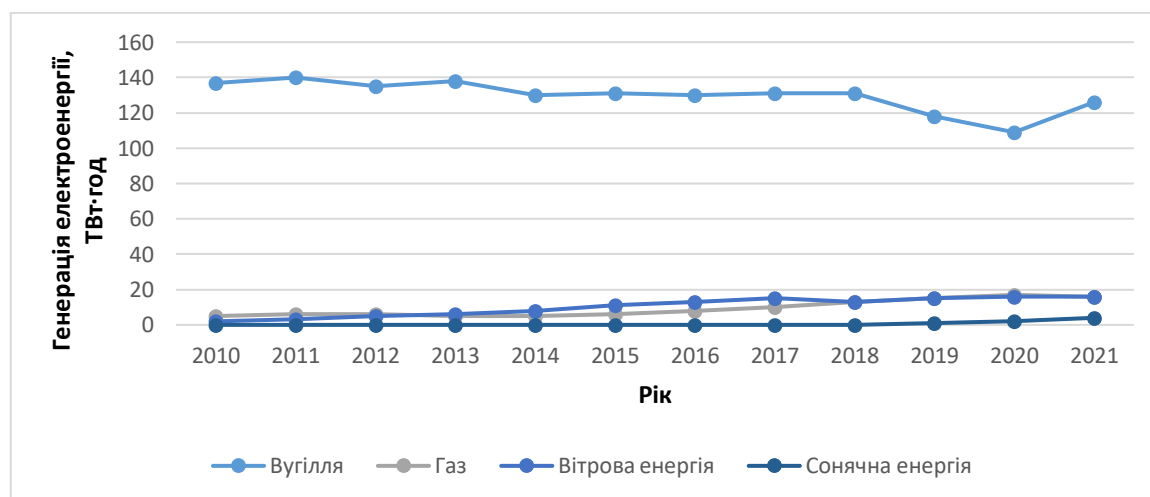


Рис. 1.5. Генерація електроенергії з різних видів палива у Польщі, ТВт·год, 2010-2021 рр. [5]

Вітрова та сонячна генерація Польщі зараз перевищує виробництво електроенергії з газу. Однак нещодавні зміни в державній підтримці щодо застосування сонячної енергії для житлових будинків може сповільнити розвиток галузі. Країни з більшою освітленістю (Іспанія та Кіпр) і нижчою (Нідерланди та Німеччина) зараз генерують приблизно десяту частину своїх національних потреб в електроенергії за допомогою сонячної енергії. Ефективна урядова політика може допомогти створити ринок сонячної енергії в будь-якій точці Європи [5].

Варто звернути увагу на те, що частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі постійно зростає і може призвести до подальшого збільшення коливань у виробництві електроенергії через погодні умови. Це створює додаткові вимоги для гнучкості роботи мережі та вимагає нових рішень, наприклад, цифровізація електричних систем та засобів зберігання електроенергії, різноманітне фінансування та інвестування сектору відновлювальної енергетики, розробка та впровадження інновацій [5].

Хоча ЄС прагне досягти зменшення викидів парникових газів на 55% до 2030 року вторгнення Росії в Україну продемонструвало значну енергетичну залежність країн Європи. Природний газ має велике значення для опалення житлових будинків і функціонування багатьох галузей європейської промисловості. Особливо вразливими є Німеччина й Італія. Згідно з даними bp Statistical Review of World Energy 2021 [2], у 2020 році Європою з Росії було імпортовано 38,9% від загального річного обсягу імпорту нафти, а імпорт нафти із США складав 16,3% від загального обсягу. Тобто кількість нафти, імпортованої зі США, становила менше половини російського імпорту нафти протягом року. Також у 2020 році Росія постачала в Європу природний газ через наявні газопроводи, задовольнивши 37,5% потреб у цьому виді палива, а частка імпортованого Європою скрапленого газу з Росії становила 14,8% від загального імпорту таких енергоносіїв.

У 2021 році Росія обмежила постачання нафти та газу до Європи, що зумовило значне зростання цін на енергоносії (рис. 1.6). Це має негативний вплив на ціну електроенергії. Вищі ціни на енергоносії посилюють гальмування економічного зростання. Тому виникає необхідність пошуку та прийняття ефективних виважених рішень.

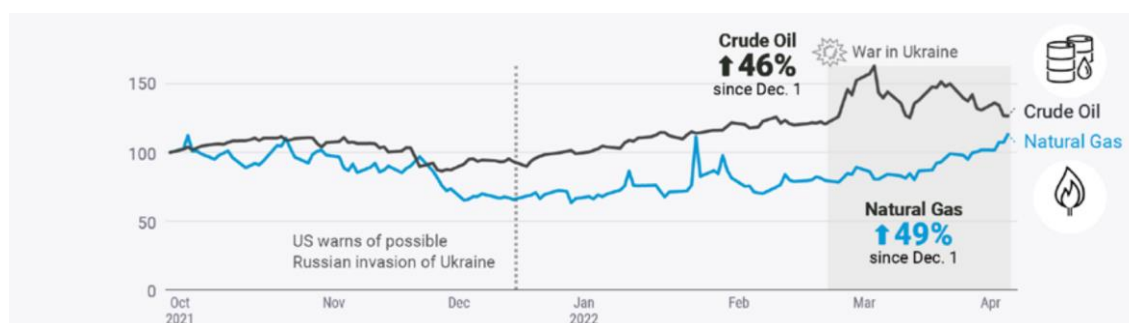


Рис.1.6. Динаміка цін на газ і нафту [3]

У березні Європейська комісія оприлюднила нові плани, що мають на меті скорочення імпорту російського газу приблизно на дві третини до кінця року. Це можливо завдяки збільшенню імпорту природного газу з інших країн (США, Катар). Прогнозується, що до 60% скорочення імпорту російського газу можна досягти шляхом збільшення імпорту з інших країн, а ще 33% – за рахунок впровадження нових ВДЕ та заходів у сфері енергозбереження [14].

Німеччина вже відмовилася від російського газопроводу «Північний потік-2», і зараз планує імпортувати скраплений газ з Катару та США, а Італія, Нідерланди та Великобританія прискорюють розвиток вітрової електрогенерації. Натомість Польща оголосила про заборону на весь імпорт російської нафти, газ та вугілля до кінця цього року. Але незважаючи на заяви щодо розірвання зв'язку з Росією, кількість російської нафти та газу, що надходить до Європи, фактично зросла з початку війни в Україні – лише в березні Росія отримала близько 22 мільярдів євро за нафту та газ [14].

Європейська зелена угода ґрунтувалася на нових кліматично нейтральних технологіях у багатьох секторах промисловості, у тому числі й у електроенергетиці. Це мало значно зменшити залежність від традиційного викопного палива, такого як нафта, вугілля або природний газ. Тому зараз через газову кризу спричинену війною в Україні з'являється необхідність у розширенні цих технологій.

Високі ціни на енергоносії вже прискорюють впровадження заходів з енергозбереження. Уряди європейських країн на всіх рівнях повинні приймати рішення враховуючи крім економічних також і політичні аспекти, наприклад, усуваючи такі бар'єри, як занадто тривале та складне отримання дозволів, а також здійснювати державну підтримку електрифікації опалення, транспорту та промисловості.

Зростання ціни на енергоносії також створює серйозні соціальні проблеми. Уряди країн-членів ЄС для подолання таких викликів уже встановили граничні ціни на газ та електроенергію, а також знизили рівні податкових ставок. Враховуючи дефіцит фінансових ресурсів, необхідно зосередити свою увагу на тих, хто дійсно потребує цієї підтримки. Для фінансування таких заходів можна використовувати додаткові надходження від ПДВ, отримані від енергоносіїв, або

прибуток від електроенергії, витрати при виробництві якої не зростають пропорційно цінам на енергоносії [15].

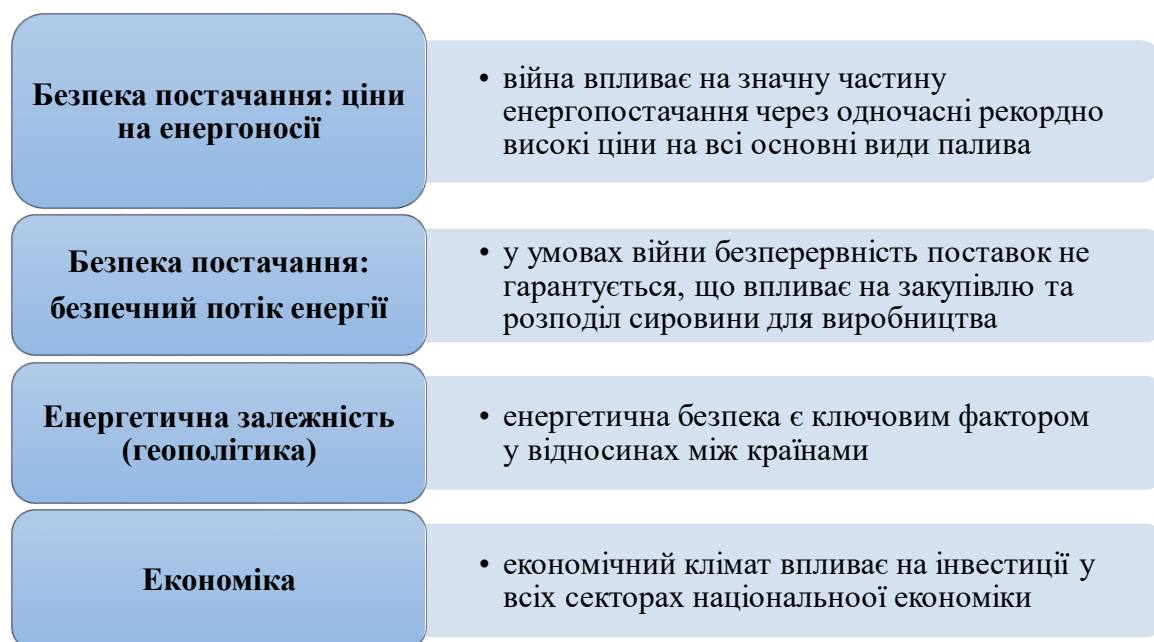


Рис. 1.7. Вплив війни Росії проти України на енергетичну галузь ЄС [18]

Отже, необхідний геополітичний підхід до реформування електроенергетичного сектору Європи – підтримка України має супроводжуватися припиненням енергетичних зв'язків з Росією. ЄС має підтримати свою енергетику у спосіб, сумісний з його кліматичними цілями – задля підтримки енергетичної безпеки Європа має приймати оперативні рішення, що можуть відрізнитися від уже прописаної стратегії розвитку (Європейська зелена угода). На щастя, у довгостроковій перспективі цілі Європейської зеленої угоди збігаються з цілями, пов'язаними з енергетичною безпекою ЄС.

Поки Європа залишається залежною від імпортованого викопного палива, вона схильна до нестабільних цін на енергоносії. Крім того газова криза в Європі, спричинена російським вторгненням в Україну, що є суто політичним фактором, стимулює ЄС до використання альтернативних методів та джерел енергопостачання. Зараз зростає терміновість поступової відмови від викопного палива як з економічних і кліматичних, так і з політичних міркувань. Прискорене використання

відновлюваних джерел енергії у поєднанні зі збільшенням інвестицій в енергоефективність сприяє подоланню енергетичної та кліматичної кризи, підвищує рівень енергетичної безпеки європейських країн, зменшує імпорتنу залежність, що дозволить країнам знизити зростання цін на електроенергію як для побутових, так і для комерційних споживачів.

1.2. Підходи до аналізу електроенергетичної галузі України

Після виходу з Радянського Союзу Україна успадкувала потужну енергетичну систему, яка була зосереджена на задоволенні потреб економіки [51]. За винятком вугілля, виникла потреба у створенні нової договірної бази для забезпечення енергетичними ресурсами (нафта та нафтопродукти, природний газ). Зменшення промислової діяльності та рівня попиту різко змінили структуру виробництва, а жорстке державне регулювання та наявність застарілих технологій в енергетиці негативно вплинули на загальну енергоефективність – українська економіка все ще залишається однією з найбільш енергоємних серед країн Європи. Розуміння структури та потенційних майбутніх перешкод є важливими для успішного реформування енергетичного сектору. Тому на основі системного та комплексного підходів проведемо дослідження явищ і процесів у галузі, їх взаємозв'язок та вплив.

Ринок електроенергії був створений у 1996 році та з 2000 до середини 2019 року контролювався державним підприємством «Енергоринок», що виступав єдиним продавцем за моделлю «одного покупця», а також виконував роль розрахункового центру для всіх платежів. Тобто він був розроблений для підтримки впливу держави у галузі та для регулювання споживання енергії як домогосподарствами, так і державним сектором. Тому з'явилася необхідність у розробці та запровадженні ефективної нормативно-правової бази для підвищення рівня конкуренції та ефективності ринків, їх привабливості для інвесторів. Доступ третіх сторін, прозорість ринку та ефективне регулювання є ключовими факторами у цій сфері.

За роки незалежності сектор електроенергетики пройшов кілька етапів реформування: у 1990-х роках його було розділено та частково приватизовано, а у 2004 році відбулося об'єднання державних активів. Зараз більшість теплових електростанцій частково або повністю приватизовано та значну частину ринку контролює приватна компанія ДТЕК.

У 1995 році були створені регіональні компанії, що займаються розподілом електроенергії – так звані обленерго. Вони були присутні в кожній області. Під час проведення реформи ринку електроенергії обленерго були трансформовані в операторів систем розподілу та компанії з електропостачання. Починаючи з 1995 року в декілька етапів було проведено приватизацію, у результаті якої більшість компаній-операторів систем розподілу та електропостачальних компаній стали приватною власністю вітчизняних або іноземних інвесторів.

Як було зазначено вище, до липня 2019 року ринок електроенергії був організований за моделлю «Одного покупця» – усі підприємства, що вироблять електроенергію, крім теплових електростанцій, здійснювали свою комерційну діяльність за фіксованими цінами, встановленими Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). У квітні 2017 року було ухвалено новий Закон про ринок електроенергії, щоб відповідати вимогам Третього енергетичного пакета ЄС. Закон передбачав заміну моделі ринкових операцій з одним покупцем двосторонніми контрактами. Відповідно, ринок електроенергії було поділено на ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу вперед», внутрішньодобовий ринок, балансуєчий ринок та ринок допоміжних послуг [44]. Нова модель ринку була імплементована в липні 2019 року, а «Енергоринок» реструктуризовано на три компанії:

1. Гарантований покупець – державний трейдер, який купує електроенергію у виробників за пільговими тарифами та продає її на організованих ринках «на добу вперед» та внутрішньодобовому ринку.
2. Оператор ринку – відповідає за організацію торгівлі на ринку «на добу вперед» та внутрішньодобовому ринку.

3. Енергоринок – відповідає за роботу з непогашеною заборгованістю.

Єдиною енергетичною системою України володіє та керує державна національна енергетична компанія «Укренерго». Вона здійснює технічну та інформаційну підтримку ДП «Енергоринок» та контролює мережі передачі з сусідніми країнами. Електромережа України повністю інтегрована та взаємопов'язана з мережами її сусідів у регіоні.

Сектор електроенергії забезпечує нормальне функціонування усіх сфер національної економіки. Найбільшу частку у структурі споживання електроенергії займають промисловість (понад 40%) та житловий сектор (близько 30%) (рис. 1.8) [16].

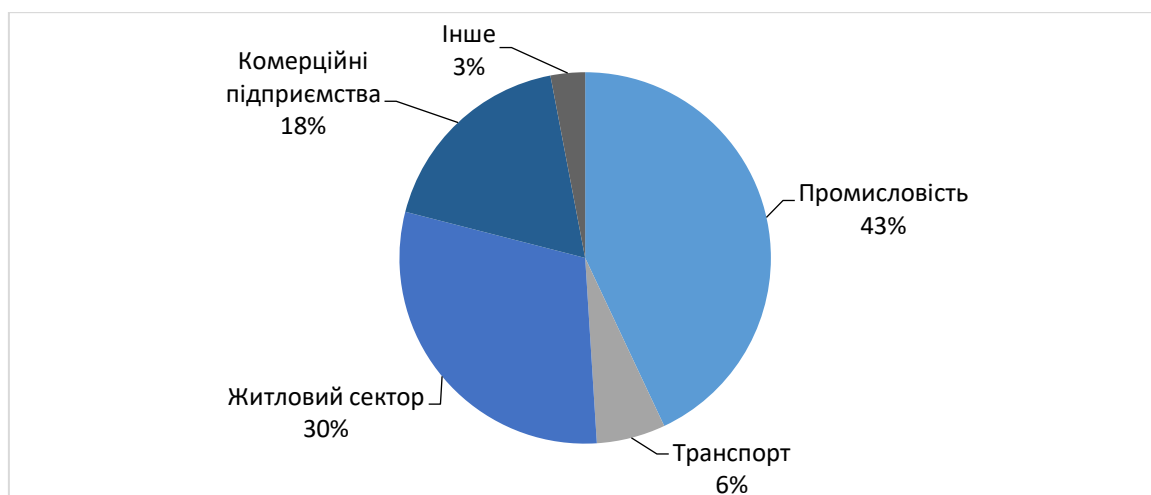


Рис. 1.8. Структура споживання електроенергії в Україні, % [16]

За допомогою ресурсно-функціонального підходу було визначено, що Україна має усі види викопного палива для виробництва електроенергії, але в кількостях, недостатніх для забезпечення загального попиту. Країна значно залежить від імпорту: 83% споживання нафти, 33% природного газу та 50% вугілля. У 2021 році 10% газу для внутрішнього споживання було імпортовано. Проте в останні роки країна докладає зусиль, щоб виробляти більше власного палива та зменшити залежність від імпорту – майже 65% загальної потреби покривається за рахунок внутрішнього виробництва. Енергетичний баланс України є відносно диверсифікованим, і на жодне

паливо не припадає понад 30% у загальній структурі. Такий фактор має позитивний вплив на стабільність та стійкість енергетичної системи та національної енергетичної безпеки загалом. У 2018 році частка вугілля (основного палива, що використовується для виробництва електроенергії) знизилася до 30% у загальній структурі виробництва, а природного газу – до 28% (рис. 1.9) [11].

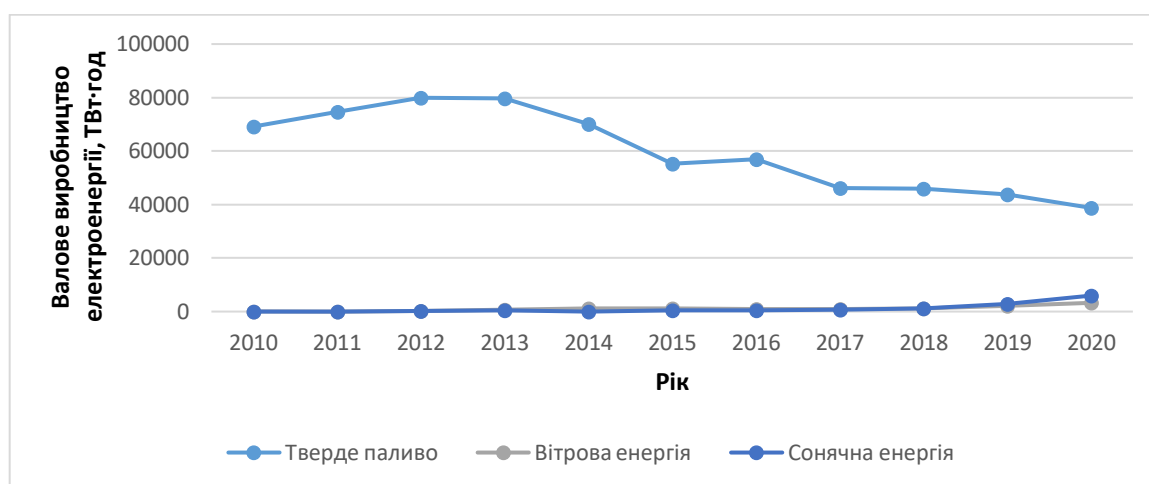


Рис. 1.9. Валове виробництво електроенергії за різними видами палива в Україні, ТВт·год, 2010-2020 рр. [11]

У 2018-2019 роках в Україні було зафіксоване помітне зростання відновлюваних джерел енергії у загальній структурі виробництва електроенергії – їх частка зросла в 3,6 разів – з 1% у 2015 році до 3,6% у 2019 році. 76% від загальної кількості електростанцій в країні виробляють електроенергію за допомогою сонячної енергії генерації (рис. 1.10), але при цьому такі електростанції мають дуже низьку енергетичну потужність.

На теплоелектростанції (ТЕС) припадає приблизно 62% загальної потужності всіх електростанцій в Україні, але вони забезпечують виробництво лише близько 40% електроенергії в країні. Крім того, ТЕС мають дуже обмежену встановлену потужність і мають незадовільні екологічних показників. Усі вони вже вичерпали свій прогнозований ресурс та навіть перевершили його. Необхідно розробити ефективну програму реновації теплової енергетики, яка враховує технічні, економічні та

екологічні обмеження. Повинна бути чітко визначена її роль у загальній генерації електроенергії, беручи до уваги вплив виробничої діяльності на довкілля [12].



Рис. 1.10. Структура виробничих потужностей у галузі електроенергетики в Україні, % [20]

Лише 8,8% електростанцій використовують викопне паливо (газ, вугілля та нафта), проте вони мають середню енергетичну потужність 521,8 МВт. Окремо вугілля становить найбільшу частку загальної енергетичної потужності, середня загальна потужність якої становить 1 133 МВт. І це попри те, що вугільні електростанції становлять лише 2,8% усіх електростанцій України (рис. 1.10) [20].

В Україні також впроваджуються заходи щодо запобігання зміні клімату. У електроенергетичному секторі це відображається шляхом декарбонізації виробництва – перехід на відновлювані джерела енергії. Вітрова та сонячна генерації зараз мають високі показники розвитку та економічної доцільності застосування у світі. Але кінцеві результати діяльності сектору відновлюваної енергетики починають піддаватися сумнівам, враховуючи, що рівень цін на матеріали, які використовуються для будівництва таких станцій, може коливатися, впливаючи на економічну доцільність використання цих джерел енергії. Також основні складові вітрових і сонячних електростанцій мають термін служби 10-15 років, після чого їх необхідно замінити, що позначається на економічності даного виробництва [12].

Головна проблема полягає в тому, що обидва джерела відновлюваної енергетики нестабільні, що призводить до низького коефіцієнта використання встановленої потужності: 25% для вітрових електростанцій, які залежать від коливання сили та регулярності поривів вітру, і значно нижче для сонячних – хмари, темний час доби тощо. У разі централізованого електропостачання це створює небезпеку дисбалансу енергосистеми, що може мати катастрофічні наслідки. Найефективнішим виходом із цієї проблеми є створення акумулюючих або резервних потужностей. Різні країни мають різні критерії резерву, які варіюються від 30% до 70% потужності вітрових і сонячних електростанцій. Проте використання акумуляторів вимагає залучення значних коштів та ресурсів, що можуть бути обмежені, а також має невеликий термін служби (близько 15 років) і вимагає спеціальної утилізації. Використання вітрових і сонячних електростанцій вимагає серйозного аналізу. Необхідно враховувати світовий досвід як переваги, так і недоліки. Наприклад, у Німеччині на вітрову та сонячну генерацію припадає близько 31% загального виробництва електроенергії в країні, а на вугільні електростанції – 55%. У результаті витрати на електроенергію в Німеччині є найвищими в Європі, і лише 43% джерел електроенергії вважаються екологічно безпечними [12].

Попри відносно низьку у порівнянні з Європейським Союзом (понад 30%) частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальній структурі виробництва, Україна має значний технічний потенціал для подальшого розвитку сектору відновлюваної енергетики. Українське законодавство передбачає привабливі гарантовані «зелені» тарифи на електроенергію, вироблену з ВДЕ. НКРЕКП затверджує ставки пільгового тарифу в кожному конкретному випадку після завершення будівництва електростанції, а виробники захищені від коливань обмінного курсу євро до гривні. Також у 2014 році домогосподарствам було дозволено продавати електроенергію, згенеровану на сонячних електростанціях безпосередньо постачальникам енергії за пільговими тарифами, якщо їх встановлена потужність нижча за 10 кВт і згодом цей поріг було збільшено до 30 кВт. Економічна доцільність розвитку цього напрямку залежить від доступності технологій та державної підтримки.

Крім інноваційної та екологічної спрямованості у секторі виробництва електроенергії Україна також впроваджує заходи з підвищення енергоефективності галузей національної економіки (рис. 1.11).

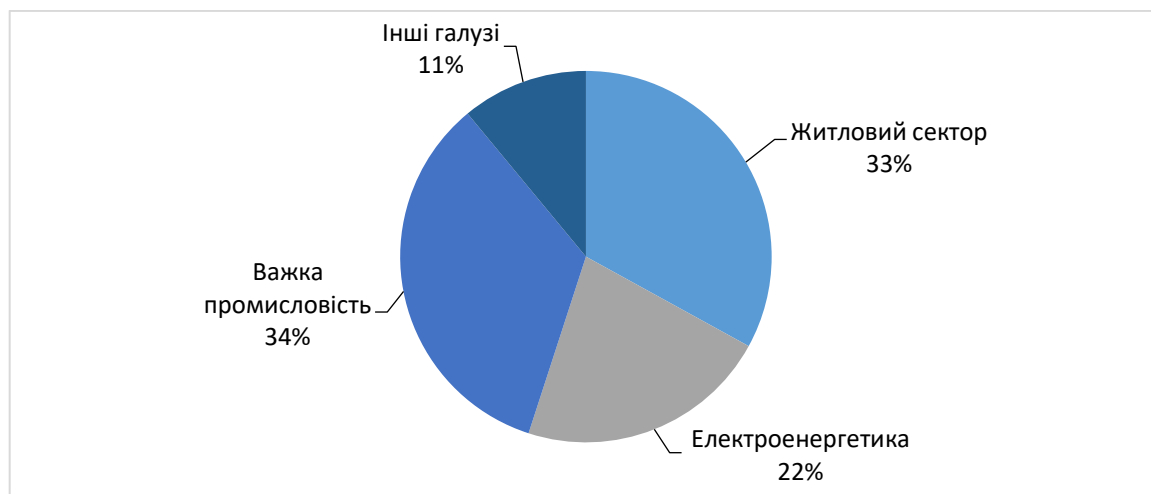


Рис. 1.11. Сектори економіки, найдоцільніші до впровадження заходів з енергоефективності в Україні [10]

За впровадження політики енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії відповідає Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. У 2017 році Держенергоефективності займалося розробкою Закону про енергоефективність у будівлях, Закону про комерційний облік комунальних послуг та Закону про Фонд енергоефективності, що згодом були прийняті та затверджені Верховною Радою. Також урядом було ухвалено нову Енергетичну стратегію України до 2035 року, яка передбачає зниження енергоємності більш ніж вдвічі (з 0,28 до 0,13), збільшення загальної частки ВДЕ до 25% у 2035 році, самозабезпечення природним газом до 2020 року, виконання зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів та запровадження системи торгівлі викидами до 2035 року. Проте до 2035 року залишається використання вугілля для виробництва електроенергії, хоча масштабна модернізація вугільних електростанцій має розпочатися після 2025 року.

Впровадження Енергетичної стратегії було поділено на три етапи:

- I. Перший етап (2018-2020 рр.) має на меті створити лібералізовані, конкурентні енергетичні ринки та мінімізувати державне регулювання їх діяльності.
- II. Другий етап (2021-2025 рр.) спрямований на розвиток енергетичної інфраструктури та інтеграції її з європейською системою, а також залучення необхідних інвестицій в енергетичний сектор.
- III. Третій етап (2026-2035 рр.) стосується сталого розвитку:
 - виконання зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів;
 - впровадження та розвиток відновлюваних джерел енергії;
 - подальшого збільшення видобутку газу для підтримки енергетичної безпеки [45].

У вересні 2010 року Україна стала повноправним членом Договору про Енергетичне співтовариство, а також почала приймати та впроваджувати європейські законодавчі та нормативні акти в галузі енергетики, а саме законодавчу базу для електроенергетики та вимоги щодо сектору відновлюваної енергетики, конкуренції у галузі й охорони довкілля.

Україна залучає потужну міжнародну підтримку для процесів впровадження енергоефективних заходів: численні міжнародні фінансові установи, такі як Світовий банк, Європейський банк реконструкції та розвитку, Європейський інвестиційний банк, Кредитна установа для відбудови, Агентство США з міжнародного розвитку та Глобальний фонд кліматичного партнерства тощо. Однак успішна реалізація вимагає покращення управління. Основною перешкодою для ефективною розробки, оцінки та впровадження заходів є обмежені та невідповідні дані про економічну діяльність та використання енергії у різних секторах економіки. Точний і всебічний аналіз даних може надати важливу інформацію для прийняття рішень, у тому числі щодо базових і майбутніх сценаріїв та показників, які необхідні для моніторингу, оцінки та коригування цілей і завдань з енергоефективності [40].

У 2015 році Україна прийняла Національний план дій з енергоефективності відповідно до Договору про Енергетичне Співтовариство. Він визначає заходи з енергоефективності для досягнення вищого рівня енергозбереження. Планувалося

збільшення показника на 9% у 2020 році, але кризи у 2009 та 2013–2014 роках, а також втрата державної влади над АР Крим та частиною Донецької та Луганської областей уже скоротили загальне кінцеве споживання на 29,6% у 2015 році, що значно перевищило затверджений на 2020 рік план. Це зниження споживання пояснюється структурними змінами в промисловості та загальним падінням бізнес-активності, тому цілі щодо енергоефективності мають бути переглянуті. Передбачається розробка та оновлення Національного плану дій з енергоефективності, що буде діяти до 2030 року [40].

Зараз енергетична галузь України зіткнулася з серйозними проблемами через повномасштабне вторгнення з боку Російської Федерації. Постраждав і сектор відновлювальної енергетики, що в останні роки динамічно розвивався – у середині 2021 року він становив близько 15% загального енергетичного балансу. Близько 30-40% промислових потужностей сонячної генерації зараз пошкоджені або зруйновані внаслідок російського вторгнення і понад дві третини всіх вітрових електростанцій країни зупинено, адже найбільша їх кількість в основному зосереджена в південних областях (Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська та Херсонська). Енергетичні компанії, які експлуатують ці об'єкти виробництва можуть опинитися на межі банкрутства, бо мають кредитні зобов'язання. Крім того, НКРЕКП було ухвалено рішення про зниження надходжень від ДП «Гарантований покупець» за генерацію за допомогою ВДЕ – відсотки від зеленого тарифу для вітрової та сонячної енергетики становлять 16% та 15% відповідно. Такі платежі не в змозі покрити обсяг витрат, тому інвестори втрачають бажання розвивати такий бізнес. Загальна сума втрат української енергетики в результаті війни вже сьогодні оцінюється в мільярди доларів США [29].

Крім безпосередніх руйнувань та захоплень виробничих потужностей в Україні також змінився платоспроможний попит на електроенергію – споживання зменшилося на 30-40%, а рівень оплати послуг впав на 40-45% [43]. Варто зазначити, що український уряд займається розробкою законопроекту, основна мета якого – збереження чинних тарифів на газ та тепло для населення як мінімум на час війни [41].

Попри всі виклики та втрати, які українській енергосистемі вдалося зберегти баланс виробництва та споживання електроенергії. Запаси вугілля на складах електростанцій та зниження темпів промислового виробництва через війну сприяли збереженню стабільності. Більшість генеруючих потужностей розташованих на окупованих територіях були лише зупинені та не зазнали серйозних пошкоджень. Проте найбільша в Україні Запорізька ТЕС, а також АЕС генерували значну частку електроенергії на українському ринку, тому, коли у післявоєнний період розпочнеться відновлення та розвиток економіки, без цих потужностей може виникнути значний дефіцит електроенергії.

Україна залучає значну міжнародну підтримку - як політичну, так і фінансову. Зараз налагоджується процес отримання допомоги від Європейського Енергетичного Співтовариства, яке контролює надання екстреної фінансової підтримки українському енергетичному сектору – зібрані кошти йдуть на відновлення енергетичної інфраструктури, яка була пошкоджена або зруйнована внаслідок бойових дій на території України.

Війна також сприяла прискореній інтеграції української енергосистеми до європейського енергетичного простору через неможливість повернення до спільної електромережі з Білоруссю та Росією після завершення випробувального періоду у Європейській мережі операторів електричної енергії. Уже в березні 2022 року були проведені операції по фізичному з'єднанню синхронізованих енергосистем України та Молдови до спільної електромережі континентальної Європи. Відтепер українська енергосистема може отримувати аварійне постачання електроенергії від великої групи країн ЄС. У майбутньому спільна електромережа Європи також дає Україні можливість здійснювати повноцінні комерційні операції з країнами ЄС та залучати інвестиції в галузь [19].

Україна ще залишається дуже залежною від імпорту енергоносіїв. Коливання курсу гривні, обмежений доступ до експортних ринків, а також проблематичне постачання енергоносіїв і цін на них мають істотний вплив на економіку держави. Енергетична безпека України практично залежить від дій Росії, тому основними шляхами зменшення рівня енергетичної залежності є:

- 1) розвиток внутрішнього потенціалу відновлюваних джерел енергії.
- 2) диверсифікація поставок паливно-енергетичних ресурсів;
- 3) розвиток енергоефективності галузей національної економіки.

Розвиток сектору відновлюваної енергетики можна стимулювати шляхом залучення вітчизняних та іноземних інвестицій, використання досвіду та технологій інших країн тощо. Для цього необхідно розробити обґрунтовану систему державного регулювання та фінансування. Диверсифікація поставок паливно-енергетичних ресурсів досягається головним чином за рахунок налагодження нових партнерських відносин щодо співпраці у галузі електроенергетики, а підвищення енергоефективності – за допомогою застосування сучасних технологій. Наприклад, використання у системах освітлення енергоефективних освітлювальних засобів, які споживають значно менше електроенергії і їхня експлуатація є обґрунтовано та економічно доцільною. При цьому такі лампи мають забезпечувати таку ж саму якість без зменшення рівня освітлення.

Висновки до розділу 1

Електроенергетика є важливою складовою економіки. Забезпечення ефективності процесу надання надійних послуг сектором електроенергетики є основою економічного зростання та процвітання. Стан потужностей з виробництва електроенергії та потенціал їхнього зростання є одним з аспектів енергетичної безпеки. Необхідно мати таку комбінацію джерел генерації, щоб підтримувати стабільне постачання електроенергії, незалежно від погодних та політичних факторів.

Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел сьогодні є найдешевшим з можливих варіантів і все більше перетворює змінні джерела енергії (вітер і сонце) в основу ринку електроенергії ЄС. Це змінює методи балансування та структуру ринків – ВДЕ впливають на ринки, «на добу вперед», а також на внутрішньодобові ринки, вимагаючи при цьому постійно зростаючого рівня гнучкості енергетичної системи.

Така радикальна трансформація вимагає нових підходів до проєктування та експлуатації енергосистем. Важливою також стає державна політика, яка забезпечила б інвестиції в екологічно чисту енергетику та підвищення рівня енергоефективності для створення чистої електричної мережі в Європі до 2035 року. Впровадження відновлюваних джерел також допомагає досягти кліматичних цілей, визначених стратегією розвитку ЄС і значно зменшує залежність від імпорту російських енергоносіїв. Зменшення використання російських паливно-енергетичних ресурсів Європейським Союзом є одним з головних завдань, що потребують термінового вирішення.

Україна продовжує реформувати сектор електроенергетики. Щоб виконати свої зобов'язання за Угодою про асоціацію щодо реалізації Третього енергетичного пакета ЄС, Україна у липні 2019 року успішно перейшла від моделі з одним покупцем до моделі з більш конкурентоспроможною структурою ринку електроенергії, яка складається з двосторонніх контрактів та ринків допоміжних послуг. На ринку з'явилися приватні компанії — здебільшого у сферах теплової та вугільної генерації, а також у сферах постачання та розподілу електроенергії. У останні роки з'явилася велика кількість приватних компаній у відновлюваній енергетиці — особливо після впровадження «зелених» тарифів. Проте попри вихід на ринок приватних гравців, державні підприємства все ще зберігають домінуючу роль у виробництві енергії, наприклад, «Нафтогаз» та його дочірні компанії відіграють ключову роль у постачанні нафти та газу в Україні.

В Україні розвивається сектор відновлюваної енергетики – в останні 5 років частка їхніх потужностей зросла в декілька разів. Країна відмовляється від імпорту значної кількості паливно-енергетичних ресурсів та переходить на самозабезпечення. Електроенергетичний сектор стає більш привабливим для вітчизняних та іноземних інвесторів через реформування, проведене урядом. Українські підприємства залучають іноземний досвід та нові технології для виробництва більш конкурентоспроможної та екологічно чистої продукції, а законодавство держави ґрунтується на європейських нормах та стандартах.

Складна економічна ситуація викликана збройною агресією з боку Російської Федерації негативно вплинула на стан електроенергетики України. Проте виважені рішення та ефективні інструменти управління стимулюватимуть розвиток цієї сфери.

З початком повномасштабного російського вторгнення українська енергосистема була піддана випробуванню: відокремлення від енергосистеми країни-агресора при збереженні стабільності під час активних бойових дій. Російська армія завдала також серйозної шкоди енергетичній інфраструктурі, зокрема відновлюваним джерелам енергії. Тому післявоєнний період має супроводжуватися не тільки ремонтними роботами пошкоджених і зруйнованих потужностей, а й впровадженням чіткого механізму функціонування ринку та налагодженням повноцінного експорту електроенергії до країн ЄС. Зростання ВДЕ в Україні буде одним з головних напрямків забезпечення довгострокової життєздатності енергетичного сектору. Прозора, конкурентна ринкова взаємодія стимулюватиме розвиток в привабливість сектору ВДЕ для вітчизняних та іноземних інвестицій.

Крім «озеленення» енергетичного сектору як в Україні, так і в решті європейських країн, значної актуальності також набуває впровадження енергоефективних заходів та технологій, які заощаджують споживання електроенергії та є більш економічними у використанні. Одним із важливих напрямків зменшення витрат електроенергії є використання сучасних систем та засобів освітлення, вибір яких має бути обґрунтованим – слід враховувати основні технічні та економічні характеристики.

Розділ 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТИПІВ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

2.1. Оцінка ефективності систем зовнішнього освітлення

Системи зовнішнього освітлення відіграють надзвичайно важливу роль у забезпеченні ефективного функціонування різноманітних об'єктів інфраструктури та комфортного існування населення. Слабке освітлення вимагає напруження зору і зайвих фізичних і нервових зусиль для осіб, які перебувають на вулицях у темний час доби. Тому якісне зовнішнє освітлення сприяє покращенню видимості, зменшенню рівня нервової та фізичної напруги, а також значно зменшує кількість нещасних випадків та запобігає прояву злочинних дій. Основними вимогами, які має задовольняти система сучасного освітлення, є:

- забезпечення найкращих умов роботи зору;
- можливість керування освітленням;
- ефективність;
- енергозбереження протягом усього періоду експлуатації;
- мінімізація шкоди довкіллю [30].

Система зовнішнього освітлення складається з комплексу освітлювальних пристроїв, шляхів їх живлення, засобів управління та конструкцій для розміщення і має на меті компенсацію природного освітлення. Окрім практичної ролі зовнішнє освітлення також може виконувати:

- охоронну функцію - підсвічування території навколо об'єктів особливого призначення або тих, що охороняються;
- декоративну функцію - підсвічування творів архітектурного мистецтва, пам'ятників, фасадів історичних будівель та приватного житла тощо;
- ландшафтно-дизайнерську функцію - підсвічування декоративних зелених насаджень, клумб, алей, парків.

Загальна вартість системи вуличного освітлення складається з витрат на її створення (капітальні витрати) та експлуатацію. Капітальні витрати складаються з вартості складових системи та монтажних робіт, а експлуатаційні – з вартості електроенергії, поточного ремонту й обслуговування, а також заміни ламп. Частка капітальних витрат в загальній щорічній вартості вуличного освітлення істотно нижча, ніж витрати на експлуатацію [40].

З метою зниження експлуатаційних витрат, а саме витрат на електроенергію, часто приймається рішення про часткове відключення вуличного освітлення. Проте вуличні світильники споживають порівняно невеликий обсяг електроенергії і їх відключення не приносить бажаної помітної економії. Так, наприклад, в Німеччині потужність, споживана зовнішнім освітленням, складає лише 0,1% від загального енергоспоживання, а річні витрати – 0,7% від загальнонаціонального.

Зараз витрати на електроенергію є досить високими через використання застарілих пристроїв та обладнання. Системи освітлення потребують модернізації, яке полягає в частковому або повному оновленні. Це можуть бути як заміна ламп на новіші моделі з підвищеною світловою віддачею, так і перехід на енергозберігаючі системи. Підвищена світлова віддача ламп дозволить збільшити відстань між розміщенням ламп, тим самим зменшуючи їх загальну кількість у системі зовнішнього освітлення, але при цьому зберігаючи заданий необхідний рівень освітленості. Крім того, якісні сучасні елементи систем освітлення вимагають простішого обслуговування і меншого контролю протягом усього терміну служби. Модернізація систем освітлення знижує споживання енергії та експлуатаційні витрати до 30%, а використання розумних систем управління освітленням спільно з системами датчиків присутності та регулюванням освітлення залежно від денного освітлення може забезпечити економію до 70% [40].

Існує велика кількість різноманітних типів ламп, що використовуються у системах зовнішнього освітлення, найпоширенішими з яких є світлодіодні, натрієві та ртутні лампи. Щоб визначитися з доцільністю їх застосування, необхідно дослідити особливості, переваги та недоліки використання ламп кожного типу (табл. 2.1).

LED (світлодіодні) лампи відносно новий вид освітлювальних елементів, проте, завдяки чималій кількості переваг, є одним один з найпоширеніших. Такі лампи поєднують у собі традиційні розміри, високу надійність, насиченість та чистоту кольору. Світлодіодні лампи споживають менше електроенергії порівняно з аналогами, а їхній термін служби набагато довший. Монтаж даних ламп є досить простим. Використання LED ламп є однією з найбільш вдалих комбінацій для вуличного освітлення, адже світлодіодне джерело світла є економічним та найбільш енергоефективним варіантом освітлювального приладу.

Натрієві та ртутні лампи належать до газорозрядних джерел світла. Вони випромінюють світло, близьке до природного, а також є більш економічно доступними та дозволяють створювати високу освітленість. Принцип дії цих вуличних ламп ґрунтується на використанні газового розряду в парах різних речовин (натрій, ртуть) з метою отримання видимого світла. Натрієві та ртутні лампи також широко застосовуються у вуличних освітлювальних системах, але зважаючи на наявність у складі газоподібних та небезпечних для людини та навколишнього середовища речовин сьогодні втрачають свою актуальність, їх намагаються замінити на більш безпечні аналоги [31].

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика переваг та недоліків різних типів ламп сучасних вуличних освітлювальних засобів

Тип	Переваги	Недоліки
 Світлодіодна лампа (LED lamp)	• високий рівень енергоефективності; • низьке енергоспоживання; • відсутність мерехтіння; • миттєве досягнення максимальної яскравості; • сумісні з регуляторами яскравості, датчиками руху, таймерами тощо; • не потребують спеціальної утилізації та додаткового обслуговування; • довгий термін служби; • максимальна довговічність та витривалість;	• високі початкові витрати.

Продовження таблиці 2.1

	• низькі витрати на експлуатацію; • екологічна та протипожежна безпека.	
 Натрієва лампа (Sodium lamp)	• тривалий термін експлуатації; • економія електроенергії; • висока світловіддача; • економічна доступність.	• вміст ртуті, що небезпечна для людини; • висока чутливість до коливання напруги в електромережі та зміни температури навколишнього середовища; • висока тепловіддача, що може спричинити пожежну небезпеку; • потрібен час на досягнення максимальної яскравості.
 Ртутна лампа (Mercury vapor lamp)	• висока потужність, що забезпечує освітлення великої за розміром площі; • тривалий термін експлуатації; • робота при низьких температурах; • компактність; • достатній рівень світловіддачі; • ударостійкість;	• потрібен час на досягнення максимальної яскравості; • висока чутливість до коливання напруги в електромережі; • випромінює шум при роботі; • високий рівень пульсації; • низька передача кольору; • наявність ртуті; • виділення озону при роботі; • необхідність спеціальної утилізації.

Відсутність мерехтіння при роботі лампи впливає на комфорт — значно полегшується пересування водіїв та пішоходів, не створюється додаткове навантаження на очі. Пульсація світлового потоку газорозрядних ламп не сприймається оком, але небажана, оскільки є причиною виникнення стробоскопічного ефекту — у світлі, яке пульсує, виникає викривлення зорового сприйняття стану рухомих та обертальних об'єктів, що є небезпечним фактором. Найбільш вдалим вибором за цим критерієм є LED лампи, у яких, на відміну від ртутних ламп, пульсація відсутня. До того ж завдяки відсутності ртуті та будь-яких інших шкідливих речовин у конструкції, LED лампи абсолютно безпечні для атмосфери та оточуючих, а натрієві та ртутні лампи містять та можуть утворювати у

процесі експлуатації шкідливі для людини та довкілля речовини, що вимагає додаткового та правильного обслуговування і спеціальної утилізації.

Хоча ртутні лампи мають високий рівень стійкості до ударів та механічних пошкоджень, LED лампи фактично не піддаються зношенню. Завдяки відсутності скла, їх надзвичайно складно пошкодити механічним шляхом, а особлива форма лампи запобігає накопиченню бруду. Конструкція корпусу та повний захист від впливів довкілля сприяють ефективній роботі освітлювального приладу, незалежно від погодних умов. При цьому діапазон робочих можливостей у вуличних LED ламп коливається в максимальних температурних межах від $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [30].

Усі види ламп мають тривалий термін експлуатації та можуть прослужити понад 10 років.

При розробленні заходів з вуличного освітлення крім конструктивних особливостей системи необхідно також звертати увагу на технічні характеристики освітлювальних приладів, ступінь їх відповідності умовам майбутньої роботи. Основними критеріями при виборі ламп для вуличних ліхтарів є:

- інтенсивність освітлення – чим більше територія і вища конструкція (наприклад, стовп), тим більше повинен бути рівень яскравості лампи;
- потужність лампи – фактор, що безпосередньо впливає на ефективність роботи;
- економія електроенергії – LED лампи, на відміну від своїх аналогів, здатні випромінювати максимальну яскравість при економному використанні електроенергії;
- розсіяне або спрямоване світло лампи – на різних об'єктах застосовуються джерела світла з різними характеристиками випромінювання. Наприклад, світлодіодні лампи забезпечують спрямоване освітлення високого рівня яскравості та можуть використовуватися для архітектурного підсвічування;
- умови функціонування – лампа не повинна втрачати свою ефективність при зміні температури довкілля (з усіх досліджених типів тільки LED лампи здатні працювати при досить низьких температурах);

- додаткове обслуговування та спеціальна утилізація – якщо лампи залежать від цих параметрів, то такі варіанти принесуть тільки додатковий клопіт;
- торгова марка та ціна виробу - LED лампи потребують особливо ретельного підбору, бо лише перевірені та надійні виробники пропонують продукцію з використання кристалів високої якості, від яких залежить тривалість роботи освітлювального засобу [33].

Отже, при виборі систем освітлення вулиць та прибудинкових територій варто враховувати характер призначення освітлювального засобу – фактичну та паспортну тривалість роботи, місце розміщення та стан навколишнього середовища, необхідність додаткового обслуговування та спеціальної утилізації, ринкові та конституційні обмеження. Від цих чинників залежить також економічна та енергетична ефективність систем зовнішнього освітлення.

2.2. Аналіз сучасних систем освітлення приміщень

Якісне освітлення всередині приміщень безпосередньо впливає на здатність людини виконувати різні види робіт і комфортно пересуватись у просторі. Близько 90% інформації сприймається саме за допомогою зору, тому система освітлення приміщень має сприяти збереженню ефективності та працездатності людини, створювати нормальні умови для роботи органів зору. Крім того, світло має величезний вплив на людські біологічні ритми – недостатня освітленість або її надмірна кількість знижують рівень збудженості центральної нервової системи та природну активність усіх життєвих процесів, а незадовільний стан освітлення у виробничих приміщеннях може призвести до травматизму на робочому місці. Недостатнє офісне освітлення призводить до зниження працездатності працівників на 30%, що призводить до втрати близько третини доходів [40]. Тому ефективна система освітлення приміщень має:

- відповідати нормам у залежності від призначення та місця розташування;
- створювати рівномірний потік світла;
- не утворювати тіней на робочій поверхні;
- не засліплювати оточуючих [30].

Зазвичай у системах освітлення приміщень зараз використовують джерела світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби – LED та енергоефективні лампи. У останні роки відбувається процес підвищення ефективності систем освітлення шляхом все більшого застосування у них LED ламп – понад 50% ринку освітлювальних приладів в усьому світі складають світлодіодні джерела світла (рис. 2.1) [13].

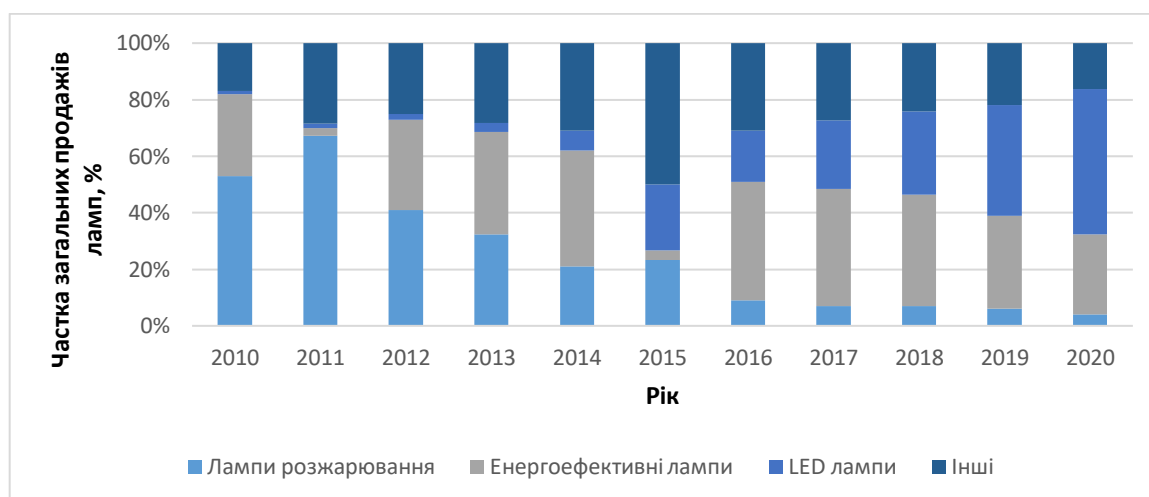


Рис. 2.1. Глобальний ринок продажів різних типів ламп, %, 2010-2020 рр. [13]

Глобальне використання LED ламп значно зросло за останні роки, збільшившись з частки ринку в 3% у 2013 році до більш ніж половини світових продажів освітлювальних приладів у 2020 році. Продажі ламп розжарювання впали та становили у 2020 році менше ніж 5% ринку. Водночас обсяги закупівель енергоефективних ламп досягли піку у 2016 році та відтоді постійно знижувалися.

Продажі світлодіодних ламп зараз перевищують продажі енергоефективних ламп як для житлових, так і для комерційних приміщень, й очікується, що частка LED ламп продовжить збільшуватися, що є дуже позитивною динамікою для досягнення

цілей Net Zero до 2050 року – зведення глобальних викидів вуглекислого газу, пов'язаних з енергетикою, до нуля до 2050 року, яке дозволить обмежити глобальне підвищення температури до 1,5°C.

Використання раніше дуже поширених ламп розжарювання дозволяється тільки у випадках неможливості або техніко-економічної недоцільності використання інших більш енергоефективних типів ламп. Основною альтернативою лампам розжарювання є світлодіодні та енергоефективні лампи, що мають як свої переваги, так і недоліки (табл. 2.2) [37].

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика переваг та недоліків різних типів ламп для освітлення приміщень

Тип	Переваги	Недоліки
 Лампа розжарювання (Incandescent lamp)	• невисока чутливість до стрибків напруги; • не потребують спеціальної утилізації; • великий асортимент ламп з різною потужністю; • низька ціна.	• короткий термін служби; • споживають багато енергії; • низький світловий потік; • погана світлопередача; • висока чутливість до удару та вібрації; • представляють пожежну небезпеку.
 Світлодіодна лампа (LED lamp)	• високий рівень енергоефективності; • низьке енергоспоживання; • миттєве досягнення максимальної яскравості; • довгий термін експлуатації у режимі «on/off»; • різноманітність кольорів світла; • сумісні з регуляторами яскравості, датчиками руху, таймерами тощо; • різноманітні форми цоколю; • не потребують спеціальної утилізації; • довгий термін служби; • ударна та вібраційна витривалість; • низькі витрати на експлуатацію; • екологічна та протипожежна безпека.	• високі початкові витрати; • вимагає правильної експлуатації.

Продовження таблиці 2.2

 Люмінесцентна (енергоефективна) лампа (Fluorescent lamp)	• високий рівень енергоефективності; • довгий термін служби при правильній експлуатації; • низьке енергоспоживання; • різноманітні форми цоколю.	• потребують спеціальної утилізації; • необхідний час на досягнення максимальної яскравості; • короткий термін експлуатації у режимі «on/off».
---	---	--

Для будь-яких типів ламп характерною є пульсація, що створює враження рівномірного світла. Проте, така пульсація призводить до підвищеної втомлюваності, поганого самопочуття, втоми очей. Робота при такому освітленні може призвести до погіршення зору. Особливо великий рівень мерехтіння у люмінесцентних та звичайних ламп розжарювання, а найнижчий - саме у LED ламп [23].

Лампи розжарювання належать до джерел світла теплового випромінювання, тому під час роботи їх корпус нагрівається, що у разі неправильної експлуатації можуть зумовити травматичну та пожежну небезпеку. Такі лампи створюють безперервний спектр випромінювання, який найбільш багатий інфрачервоними променями та бідніший, ніж спектр природного світла, що погіршує розрізнення кольорів, а також хвилі, що випромінюються в ультрафіолетовому діапазоні, мають надмірний вкрай негативний вплив. Холодні та сині тони LED ламп притупляють вироблення мелатоніну, від якого залежить якість сну і швидкість засинання, але в умовах виробничих цехів і офісів використання такого світла є виправданим [22].

Лампи розжарювання мають низький коефіцієнт корисної дії та малий термін служби, що вимагає частішої заміни ламп. Крім того, енергоефективні та лампи розжарювання мають скляний корпус, тому у разі падіння можуть розбитися і нанести різноманітні травми та ушкодження. У LED лампах використовується полікарбонат, що робить їх більш ударостійкими [50].

У люмінесцентних лампах містяться пари ртуті. Тому при пошкодженні енергозберігаючих ламп існує ризик отруєння, пошкодження дихальних шляхів та нервової системи, існує необхідність їх правильної утилізації. На відміну від люмінесцентних, LED лампи не містять шкідливих речовин і повністю підлягають вторинній переробці. Утилізація LED лампи починається з сортування. Цей процес є повністю безпечним і не вимагає спеціальних засобів захисту для тих, хто його здійснює (як у випадку з люмінесцентними лампами). Засоби освітлення очищують від пилу і забруднень. Потім їх поділяють на частини відповідно до матеріалу виготовлення:

- полікарбонат зі складу корпусу;
- алюміній, також з корпусу;
- бій скла з цоколя.

Ці матеріали можуть піддати пресуванню. В результаті буде отримана однорідна маса, яку потім передають на промислові підприємства для вторинного застосування. Утилізувати LED-лампу, як в Україні, так і в решті країн Європи, можна здавши її в спеціальний пункти переробки або скориставшись послугами фірм з утилізації відходів.

LED лампи – це перспективний напрямок у енергозбереженні. Такі лампи працюють, максимально використовуючи значно меншу кількість електроенергії, ніж аналоги, не створюють шум при роботі, що може впливати на рівень продуктивності праці, та випромінюють комфортне для сприйняття світло. Чи стане світлодіодна технологія жертвою власного успіху, стане зрозуміло протягом наступних років: тривалий термін служби ламп може означати, що для просування продажів ламп даного виду буде потрібна нова бізнес-модель, наприклад, для надання покращених енергетичних послуг за допомогою елементів керування та датчиків разом із неенергетичними послугами. Активна пропозиція та жорстка цінова конкуренція також будуть чинити тиск на виробників, що виготовляють товари із супутніми перевагами для споживачів, хоча дотримання правил буде ключовим для забезпечення відповідності продукції вимогам. Подальший прогрес може бути

досягнутий, наприклад, за допомогою вдосконалених світлодіодних модулів або постійного вдосконалення оптики. Оскільки ефективність світлодіодів вже є найвищою на ринку, а досягнення в цій галузі почали сповільнюватися нещодавно, питання полягає в тому, чи будуть виробники світлодіодних джерел освітлення зацікавлені в сприянні інноваціям, щоб досягти ще більш високого рівня ефективності.

У виробничих приміщеннях підприємств також доцільно застосовувати енергоефективні лампи. Вони найбільш економні та дають світло теплих тонів. Крім того, їх можна використовувати в системах освітлення житлових приміщень – там, де недостатнє природне освітлення: приміщення з вікнами, що затіняються будівлями, деревами, або виходять на північ, підвальні приміщення тощо. Сучасні енергоефективні лампи використовують до 80% менше електроенергії, ніж лампи розжарювання, та слугують набагато більше.

Отже, при виборі ламп для освітлення приміщень необхідно враховувати їх світлотехнічні характеристики (потужність, світловіддача, передача кольору), строк служби, економічність та екологічність.

Висновки до розділу 2

Системи як зовнішнього, так і внутрішнього освітлення створюють безпечні та комфортні умови для існування та роботи людини – сприяють зниженню фізичної та нервової напруги, підтримці оптимального рівня працездатності, зменшенню кількості кримінальних подій ті рівня травматизму тощо.

У системах вуличного освітлення використовуються LED, натрієві та ртутні лампи. Кожен вид має свої переваги та недоліки. Найсучаснішим рішенням у цій сфері є впровадження та застосування у системах зовнішнього освітлення LED ламп, бо вони є найбільш енергоефективними та екологічними. Крім того, застосування застарілих джерел освітлення збільшує кількість витрат – за підрахунками експертів [40] сьогодні Україна витрачає майже в 2 рази більше коштів на вуличне освітлення,

ніж країни Європи. Економія забезпечується за рахунок зниження як капітальних, так і експлуатаційних витрат, на які безпосередньо впливають тип та стан освітлювального засобу, що використовується.

У системах освітлення приміщень найчастіше використовуються LED, енергоефективні та лампи розжарювання. Аналіз ринку освітлювальних засобів показав зростання привабливості LED ламп – більше 50% від загальної кількості продажів. Такі лампи задовольняють головні вимоги, що висуває сучасний споживач – економічність (окупність початкових витрат за рахунок довгого терміну роботи), енергоефективність та екологічність.

Розділ 3. ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

3.1. Удосконалення функціонування систем вуличного освітлення

Сьогодні перед багатьма країнами постає проблема економії як енергоресурсів, так і витрат на них. Витрати на освітлення зростають у всіх сферах економіки та життя: освітлення вулиць, комунальних та виробничих об'єктів, житлового сектору тощо (рис. 3.1).

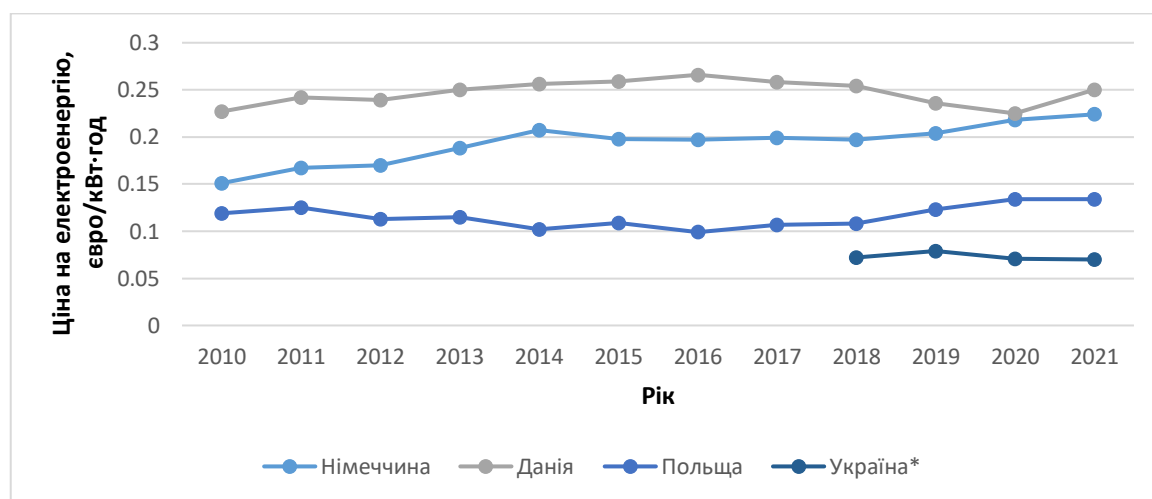


Рис. 3.1. Ціни на електроенергію для непобутових споживачів, євро/кВт·год, 2010-2021 рр. [47]

**неповні дані*

Найвищий рівень цін серед досліджуваних країн зафіксований у Данії і у 2021 році становив 0,25 євро/кВт·год, а найнижчий в Україні, який у 2021 році складав 0,07 євро/кВт·год. Середня ціна в ЄС у другій половині 2021 року становила 0,145 євро за кВт·год.

Рівень тарифів безпосередньо впливає на витрати на електроенергію, що становлять значну частину в бюджетах міст, комерційних споживачів тощо. При плануванні систем освітлення також варто звертати увагу на вартість капіталу, особливо при залученні кредитних коштів для реалізації проєкту; цей чинник впливає

рівень витрат, що будуть утворюватися при експлуатації. Тому крім вибору оптимальних тарифних планів основним шляхом зменшення рівня цих витрат є використання найбільш енергоефективних та економічних освітлювальних засобів у системах вуличного освітлення. Для визначення економічної доцільності використання різних типів ламп у системах вуличного освітлення було проведено аналіз залежності витрат від вартості капіталу та тарифів на електроенергію у країнах ЄС (Німеччина, Данія, Польща) та в Україні.

У ЄС зазвичай використовуються LED та натрієві лампи у системах вуличного освітлення, а в Україні ще можуть бути наявні ртутні лампи. За результатами попередніх досліджень [36, 38-39] було визначено, що при вуличному освітленні лампи різних видів повинні працювати однакову кількість часу (зазвичай це термін служби світлодіодних ламп) та мати приблизно однаковий світловий потік ($\pm 5\%$). Розрахунки були проведені для випадку використання 1 LED лампи, 2 натрієвих або 8 ртутних ламп, які мають однаковий час роботи та працюють 6, 12 та 20 години на добу з урахуванням різних процентних ставок (від 5% до 50% на рік) цін на засоби освітлення та доступних тарифів на електроенергію в кожній окремій країні (табл. 3.1). Дослідження проводилося як для наявних, так і для можливих тарифів.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для порівняльного аналізу

Показник	Німеччина	Данія*	Польща**	Україна***
Ціна LED лампи, євро/шт	52,09	48,28	86,98	116,03
Ціна натрієвої лампи, євро/шт	17,37	13,31	10,65	11,04
Ціна ртутної лампи, євро/шт	-	-	-	2,49
Тариф на електроенергію наявний, євро/кВт*год	0,32	0,11	0,22	0,10
Тариф на електроенергію прогнозований, євро/кВт*год	0,50	0,30		
		0,50		

*за курсом на 10.2021 – 7,44 данських крон (DKK) в 1 євро (EUR);

**за курсом на 10.2021 – 4,58 польський злотий (PLN) в 1 євро (EUR);

***за курсом на 10.2021 – 30,47 українська гривня (UAH) в 1 євро (EUR).

Ціни на засоби освітлення та тарифи відрізняються по кожні з розглянутих країн – найбільш економічно доступні лампи та тарифи в Данії, тому також було досліджено зміни обсягу витрат при збільшенні цін на електроенергію у майже 3 та 5

разів. У другій половині 2021 року найвищі тарифи на електроенергію були зафіксовані у Німеччині.

На основі цін на освітлювальні засоби та електроенергію було розраховано витрати на експлуатацію (при різних її термінах) для різних типів ламп у Німеччині, Данії, Польщі та Україні. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.2 та на рисунках 3.2-3.13.

Таблиця 3.2

Витрати на експлуатацію для різних типів ламп для країн ЄС

Вид	Тривалість роботи, год	Витрати, євро		
		n=6	n=12	n=20
Німеччина				
LED	50 000	23 410,86	23 653,18	18 363,64
Натрієва	24 000	35 580,70	13 549,44	5 500,14
Данія				
LED	50 000	9 474,31	9 572,09	7 437,59
Натрієва	24 000	12 245,54	4 672,30	1 905,35
Польща				
LED	50 000	18 939,03	19 134,60	14 865,60
Натрієва	24 000	24 459,15	9 312,66	3 778,77
Україна				
LED	50 000	7 415,65	7 491,37	5 838,39
Натрієва	24 000	11 130,19	11 245,42	8 730,02
Ртутна	6 000	19 838,49	20 044,18	15 552,38

Аналіз показує, що зі збільшенням відсоткової ставки витрати зменшуються. На рисунках 3.2-3.13 відображені графіки залежності витрат від вартості капіталу по кожній з розглянутих країн окремо з урахуванням терміну експлуатації систем освітлення.

На малюнках 3.2-3.4 зображено зміну суми витрат на експлуатацію LED і натрієвих ламп за 6, 12 і 20 годин відповідно за різними процентними ставками в Німеччині.

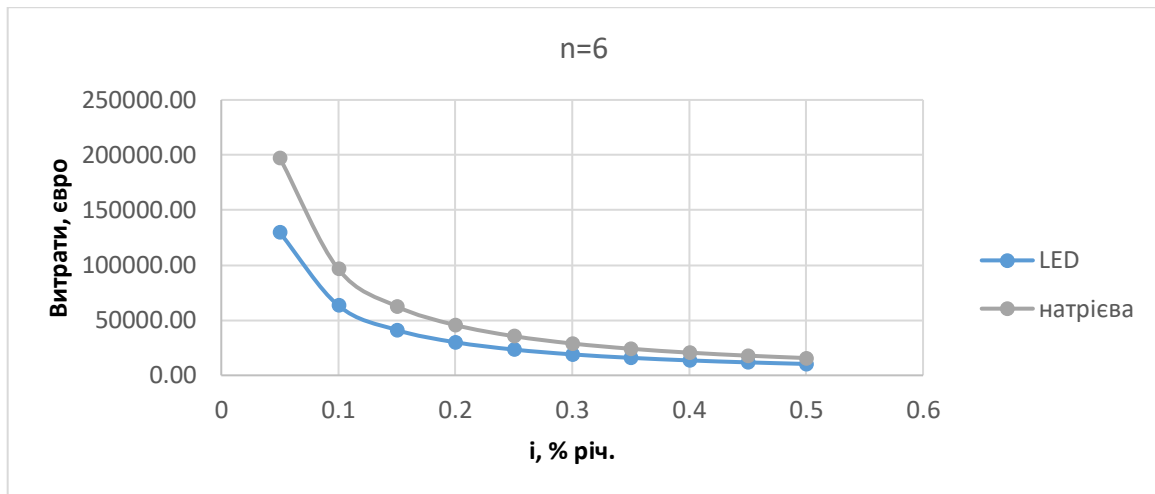


Рис. 3.2. Залежність витрат від вартості капіталу при 6 год. функціонування (Німеччина)

LED лампи варто використовувати при роботі системи освітлення до 6 годин (рис. 3.2), а натрієві – для 12 і 20 годин роботи системи освітлення (рис. 3.3-3.4).

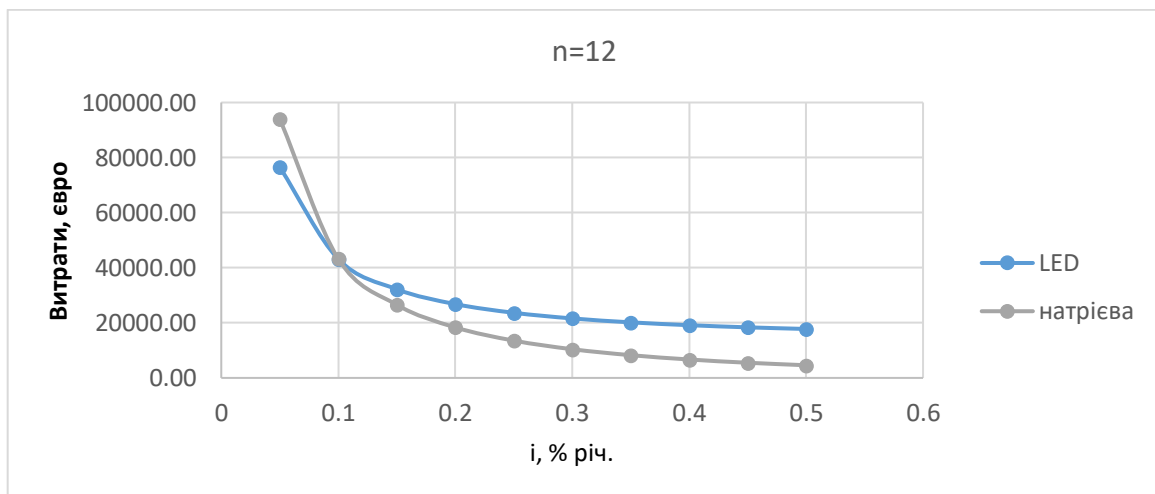


Рис. 3.3. Залежність витрат від вартості капіталу при 12 год. функціонування (Німеччина)

Найбільш вигідною є ставка у 50% річних – вартість є найнижчою при будь-якій тривалості роботи системи освітлення. Крім того, у розмірі 50% річних кількість витрат є найнижчою за будь-який час активної роботи системи вуличного освітлення. Варто зазначити, що ця тенденція зберігається у міру зростання тарифів – до 0,50 євро/кВт·год.

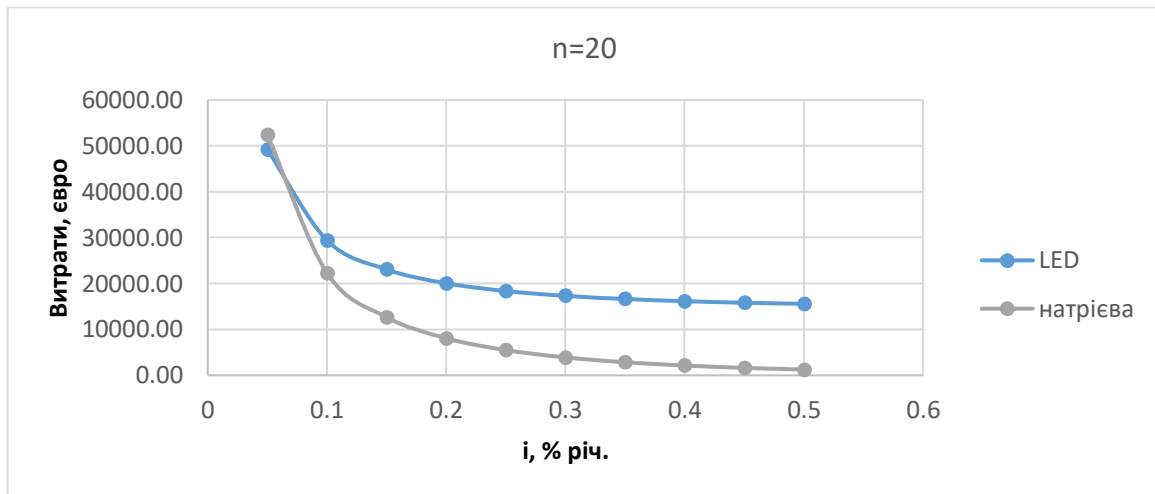


Рис. 3.4. Залежність витрат від вартості капіталу при 20 год. функціонування (Німеччина)

Результати проведеного аналізу цін на електроенергію та засоби освітлення в Данії (рис. 3.5-3.7), найнижчий рівень експлуатаційних витрат виникає за ставки у 50% річних для LED і натрієвих ламп.

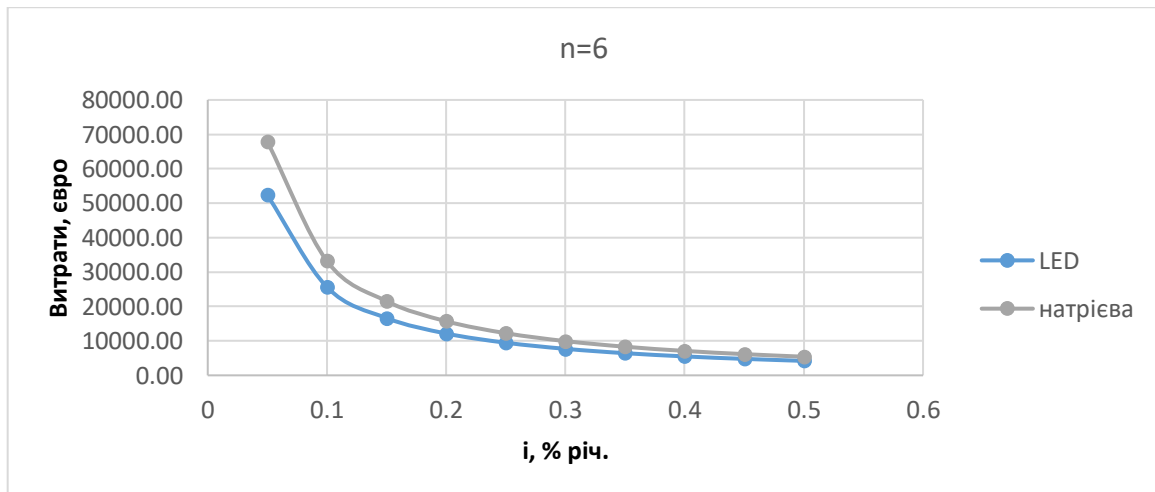


Рис. 3.5. Залежність витрат від вартості капіталу при 6 год. функціонування (Данія)

Використання LED ламп створює менший обсяг витрат при 6 годинах роботи, ніж при 12 і 20 годинах, що вказує на доцільність застосування цього типу освітлювальних засобів при коротких термінах використання. При цьому варто

зазначити, що у міру збільшення тривалості роботи рекомендується застосування натрієвих ламп у системах вуличного освітлення.

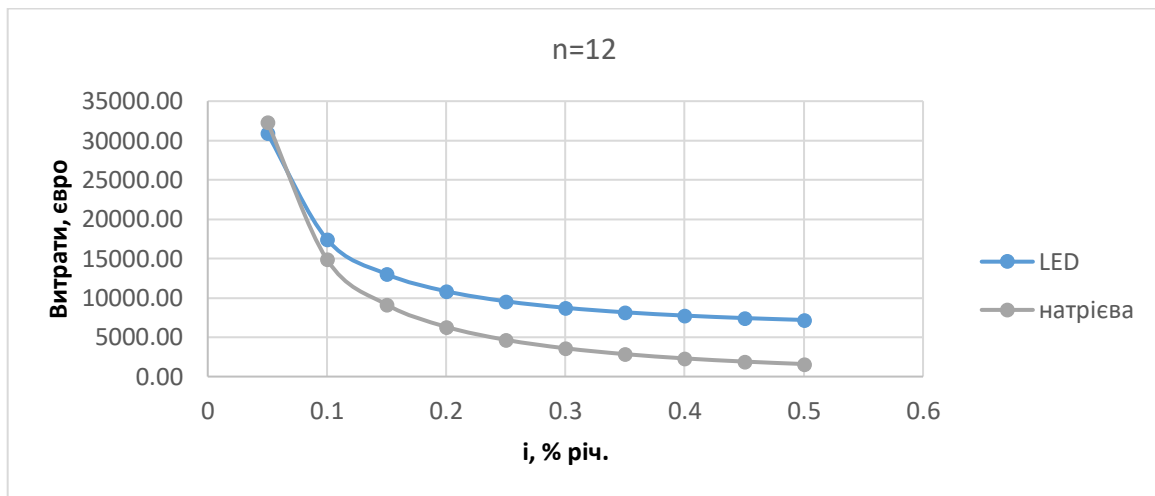


Рис. 3.6. Залежність витрат від вартості капіталу при 12 год. функціонування (Данія)

Прогнозування збільшення рівнів тарифів на електроенергію до можливих 0,30 євро/кВт·год та 0,50 євро/кВт·год з поточного 0,11 євро/кВт·год показало, що таке підвищення мало вплине на нинішню тенденцію стосовно економічної доцільності застосування LED та натрієвих ламп у системах зовнішнього освітлення в Данії.

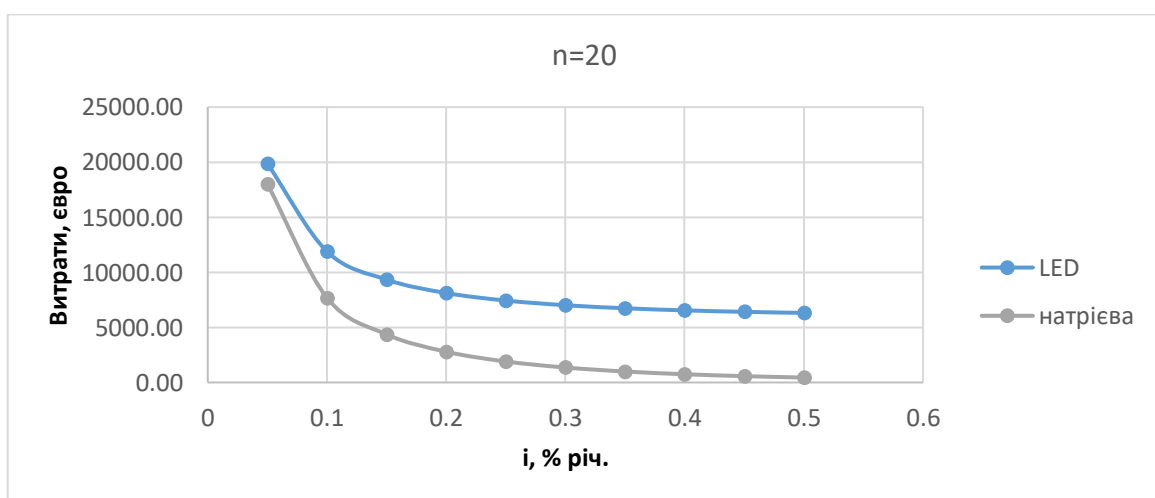


Рис. 3.7. Залежність витрат від вартості капіталу при 20 год. функціонування (Данія)

На рис. 3.8-3.10 результати дослідження використання LED та натрієвих ламп у Польщі демонструють, що ставка 50% річних є найбільш економічно привабливою для обох типів освітлювальних засобів.

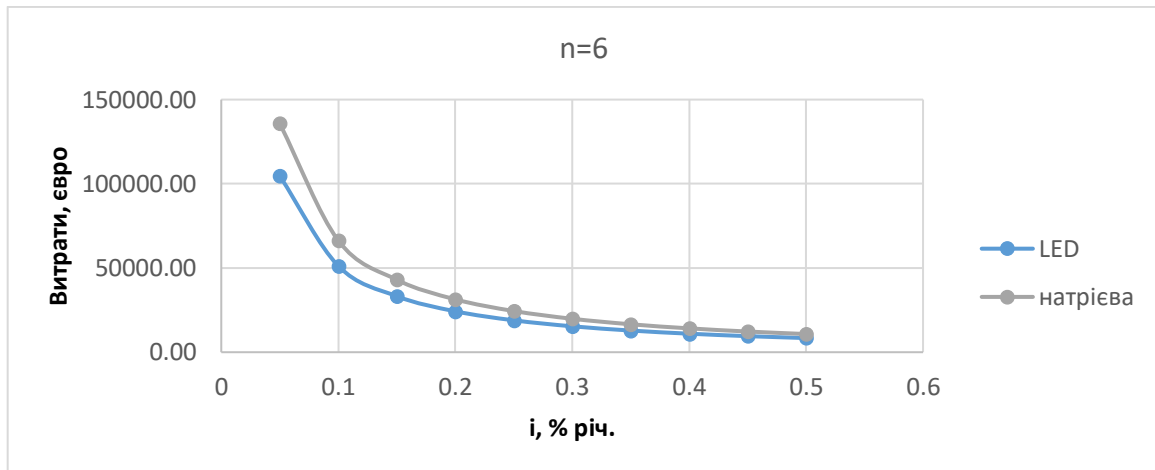


Рис. 3.8. Залежність витрат від вартості капіталу при 6 год. функціонування (Польща)

LED лампи актуальні для роботи впродовж невеликого терміну (6 годин), однак при збільшенні тривалості роботи в системах вуличного освітлення слід використовувати натрієві лампи. Тобто LED лампи споживають менше енергії при роботі до 6 годин, тоді як натрієві лампи споживають менше за 12 і 20 годин експлуатації.

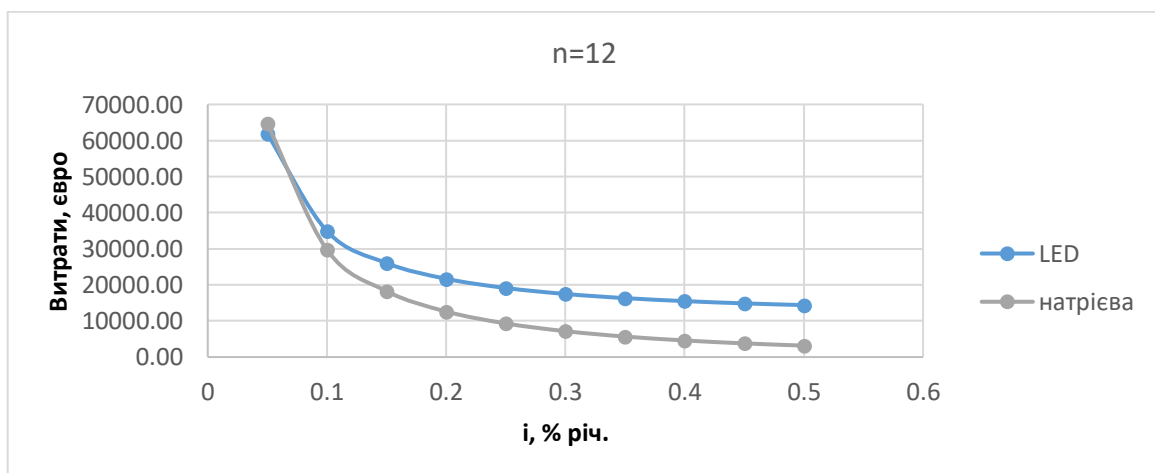


Рис. 3.9. Залежність витрат від вартості капіталу при 12 год. функціонування (Польща)

Результати дослідження також засвідчили, що підвищення рівня тарифів не передбачає майбутніх змін у структурі застосування певних типів ламп.

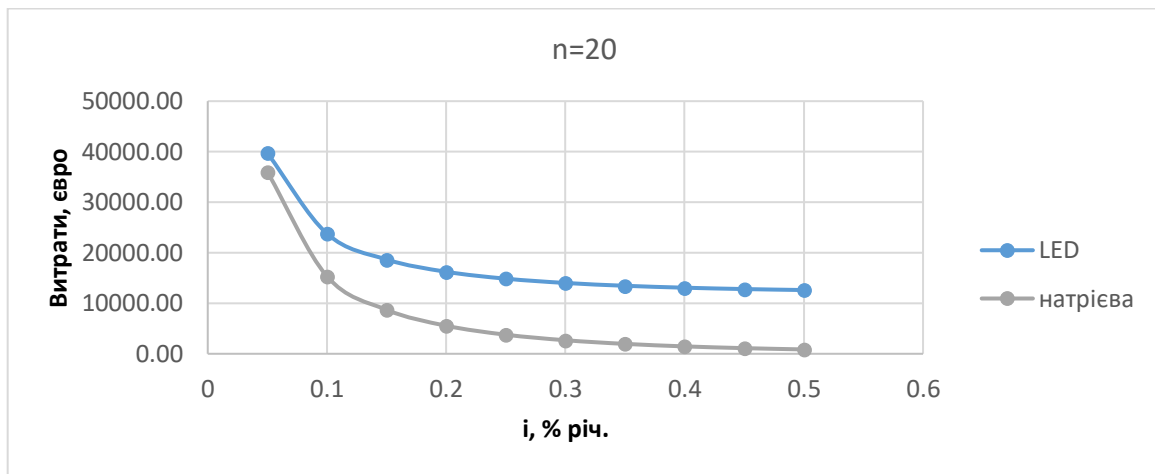


Рис. 3.10. Залежність витрат від вартості капіталу при 20 год. функціонування (Польща)

Україна крім LED та натрієвих ламп, які популярні в ЄС (Німеччина, Данія, Польща), також використовує ртутні лампи для вуличного освітлення (рис. 3.11-3.13). Проведені дослідження виявили економічну неефективність використання даного типу ламп – вартість експлуатації систем освітлення з використанням ртутних ламп перевищує вартість експлуатації систем освітлення з використанням LED та натрієвих ламп у майже 2 та 3 рази відповідно.

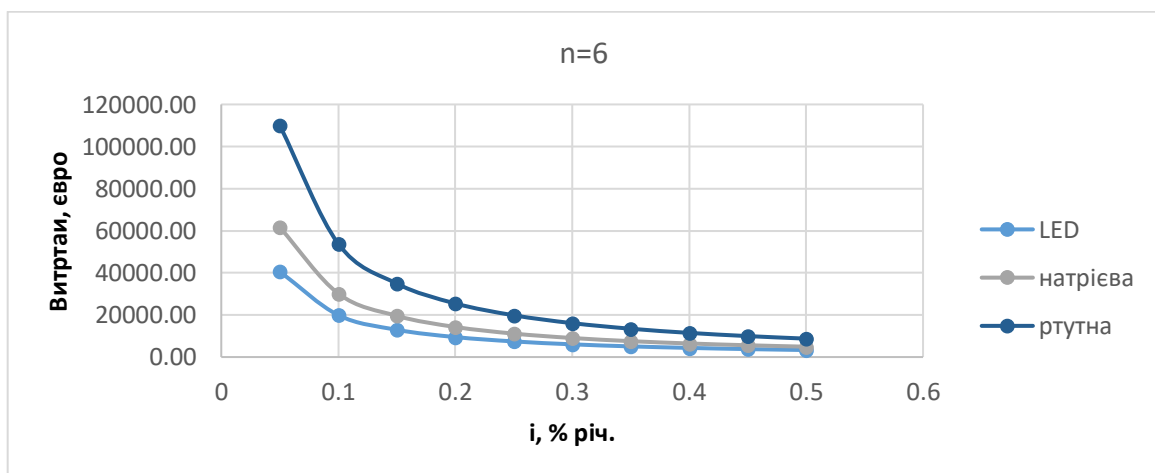


Рис. 3.11. Залежність витрат від вартості капіталу при 6 год. функціонування (Україна)

Як і в країнах ЄС в Україні за вартості капіталу на рівні 50% річних обсяг експлуатаційних витрат буде найменшим.

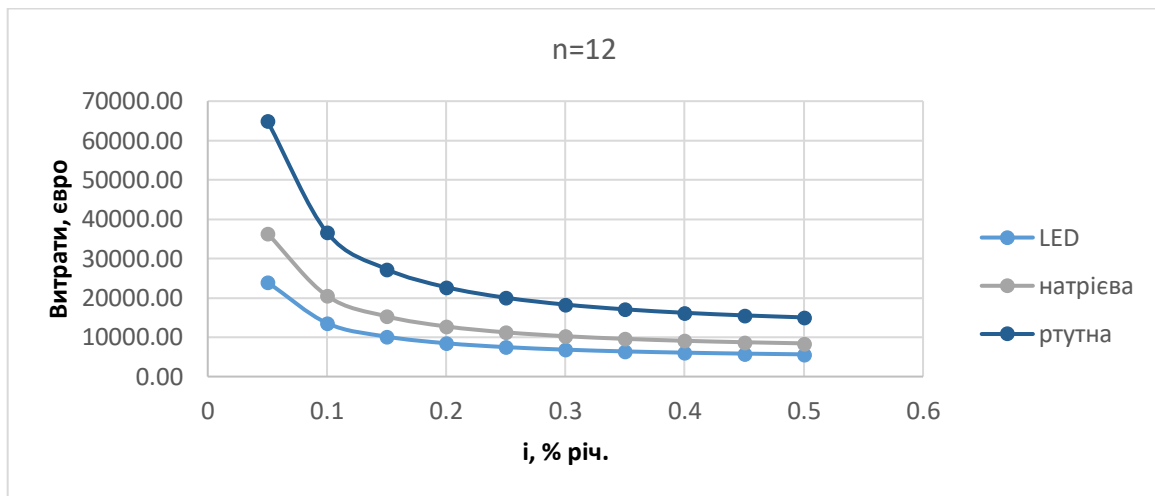


Рис. 3.12. Залежність витрат від вартості капіталу при 12 год. функціонування (Україна)

Тенденції зміни вартості експлуатації систем вуличного освітлення в Україні подібні до поточної ситуації – підвищення тарифів безпосередньо впливає на збільшення обсягу експлуатаційних витрат, але актуальність LED ламп від цього не залежить.

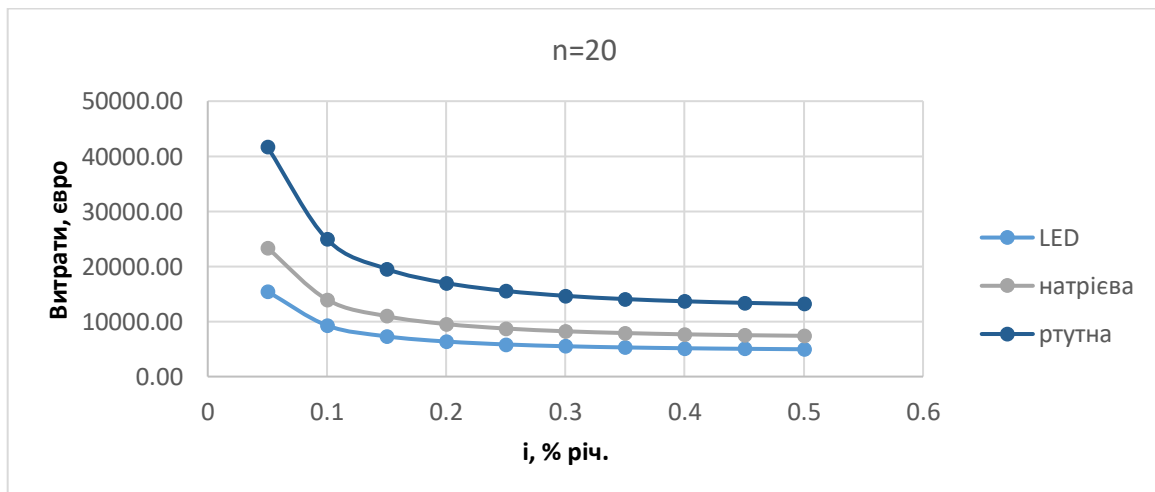


Рис. 3.13. Залежність витрат від вартості капіталу при 20 год. функціонування (Україна)

Згідно з результатами дослідження (рис. 3.2-3.13), за нинішніми тарифами та цінами на засоби освітлення для систем вуличного освітлення вибрати тип лампи

слід виходячи з призначення і терміну експлуатації – чим довша тривалість роботи, тим доцільніше буде застосування натрієвих ламп через їх відносно низькі витрати. Це загальна тенденція для країн ЄС. Використання LED ламп є найбільш економічно вигідним варіантом для України. Лампи такого типу є найбільш енергоефективними, екологічно безпечними, не вимагають спеціальної утилізації, а також мають низькі експлуатаційні витрати.

3.2. Оптимізація процесів вибору та застосування систем освітлення приміщень

Ціни на електроенергію зазвичай становлять значну частку у структурі загальних витрат як для побутових, так і для комерційних споживачів, і їх рівні сильно відрізняються між країнами-членами ЄС (рис.3.14).

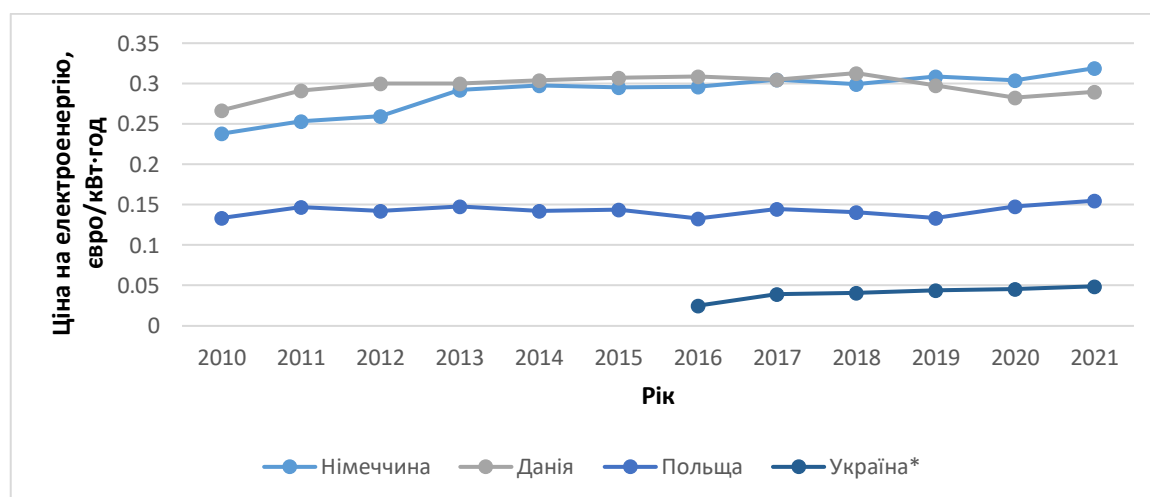


Рис. 3.14. Ціни на електроенергію для побутових споживачів, Євро/кВт·год, 2010-2021 рр. [47]

*неповні дані

Найнижчі тарифи в Україні – 0,05 Євро/кВт·год у 2021 році.

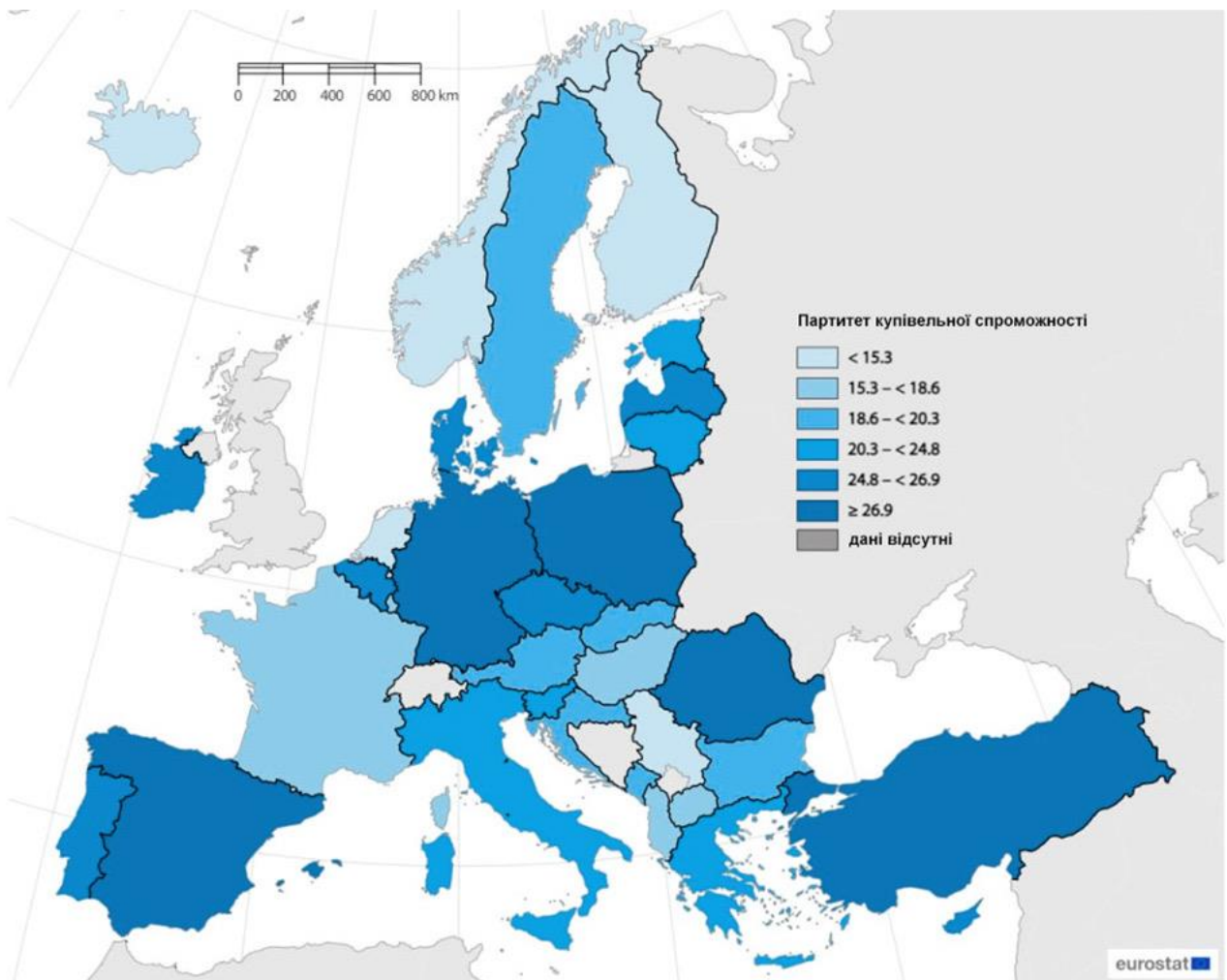


Рис. 3.15 Ціни на електроенергію для побутових споживачів у 2021 р., євро [47]

Найвищі ціни на електроенергію для побутових споживачів серед країн, ситуація в яких досліджується, зафіксовані у Німеччині та Данії і знаходяться майже не одному рівні – у 2021 році складають 0,32 євро/кВт·год та 0,29 євро/кВт·год відповідно. До чинників, що впливають на таку різницю, можна віднести:

- доступність та ціна на паливно-енергетичні ресурси;
- наявність, стан та структура виробничих потужностей у секторі електроенергетики;
- рівень розвитку галузі та економіки країни загалом;
- державна політика, що може як підтримувати та стимулювати розвиток галузі, так і базуватися на інструментах жорсткого регулювання та втручання, що гальмує формування ефективного та конкурентоспроможного ринку.

Сучасний ринок електроенергії повинен бути прозорим і доступним як для виробників і постачальників, так і для споживачів, у тому числі некомерційних. Це дасть змогу самостійно обирати вид, якість і вартість (тарифи залежно від часу доби, розміру домогосподарства тощо) послуг, тим самим стимулюючи розвиток здорової конкуренції на ринку.

Як уже було зазначено, крім тарифів на загальний обсяг витрат на електроенергію також впливають витрати, що пов'язані з експлуатацією системи освітлення, й основним шляхом їх зменшення є вибір оптимальної системи з ефективними та енергоощадними засобами освітлення. Найчастіше у системах освітлення приміщень використовують LED та енергоефективні лампи, проте також все ще можуть зустрічатися лампи розжарювання, наприклад, зараз вони продовжують залишатися на українському ринку освітлювальних засобів, а в Польщі використовувалися до 2020 року [37].

Попередні дослідження [36, 38-39] показали, що системи освітлення приміщень можуть функціонувати за допомогою 3 енергоефективних ламп, 30 традиційних ламп розжарювання або 2 LED ламп. Було проаналізовано роботу зазначених типів ламп, експлуатація яких тривала 8 та 16 годин на добу. Розрахунки проводилися за різних значень відсоткових ставок (від $i = 5\%$ річних до $i = 30\%$ річних) та наявних тарифів на електроенергію (табл. 3.3). Також було передбачено зростання цих тарифів і досліджено їх вплив.

Таблиця 3.3

Вихідні дані для порівняльного аналізу

Показник	Німеччина	Данія*	Польща**	Україна***
Ціна LED лампи, євро/шт	4,90	7,79	2,17	3,33
Ціна енергоефективної лампи, євро/шт	6,99	3,08	3,39	3,33
Ціна лампи розжарювання, євро/шт	-	-	-	1,34
Тариф на електроенергію наявний, євро/кВт	0,30		0,32	0,05
Тариф на електроенергію прогнозований, євро/кВт	0,50			0,30
				0,50

*за курсом на 10.2021 – 7,44 данських крон (DKK) в 1 євро (EUR);

**за курсом на 10.2021 – 4,58 польський злотий (PLN) в 1 євро (EUR);

***за курсом на 10.2021 – 30,47 українська гривня (UAH) в 1 євро (EUR).

Для того, щоб дослідити економічну доцільність використання різних типів ламп був проведений порівняльний аналіз експлуатаційних витрат з урахуванням тривалості їхньої роботи та тарифів на енергію. Результати засвідчили, що зі збільшенням терміну роботи рівень витрат знижується і використання LED ламп є найбільш економічно ефективним варіантом для застосування у всіх проаналізованих країнах.

На малюнках 13.16-3.23 зображено графіки залежності витрат від вартості капіталу для ЄС (Німеччина, Данія, Польща) та України відповідно.

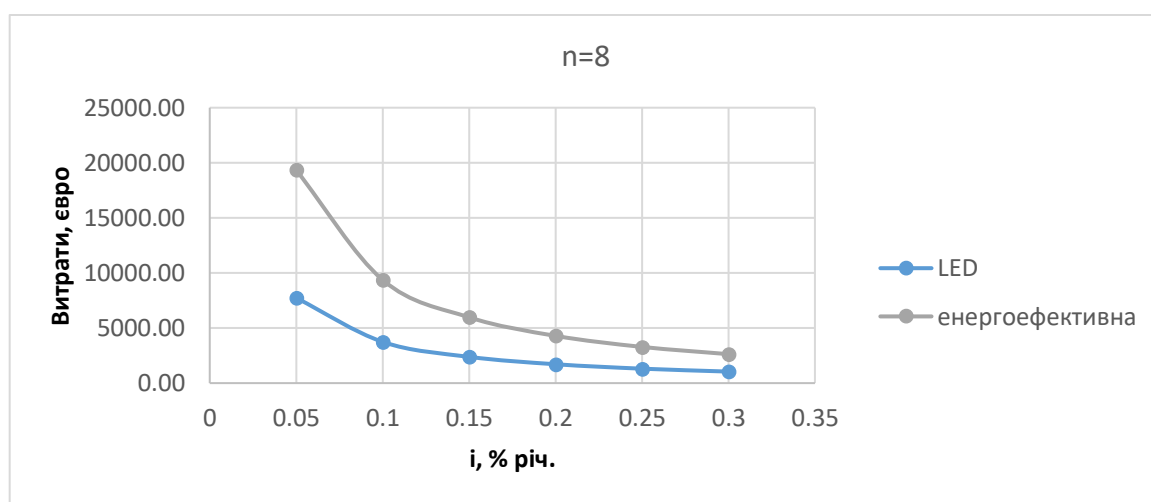


Рис. 3.16. Залежність витрат від вартості капіталу при 8 год. функціонування (Німеччина)

На малюнках 3.16 і 3.17 показано, як змінюється сума витрат протягом 8 і 16 годин роботи LED та енергоефективних ламп з урахуванням різних відсоткових ставок. За ставки у 30% річних експлуатаційні витрати є найнижчими при будь-якому періоді роботи засобу освітлення.

Загальний рівень витрат як для LED, так і для енергоефективних ламп нижчий при роботі протягом 16 годин, ніж при 8. Дослідження проводилося з урахуванням поточних цін на лампи та електроенергію, що функціонують у Німеччині. Варто зазначити, що ці показники зросли на декілька позначок протягом року, що свідчить про доцільність прогнозування подальшої зміни обсягу витрат [37].

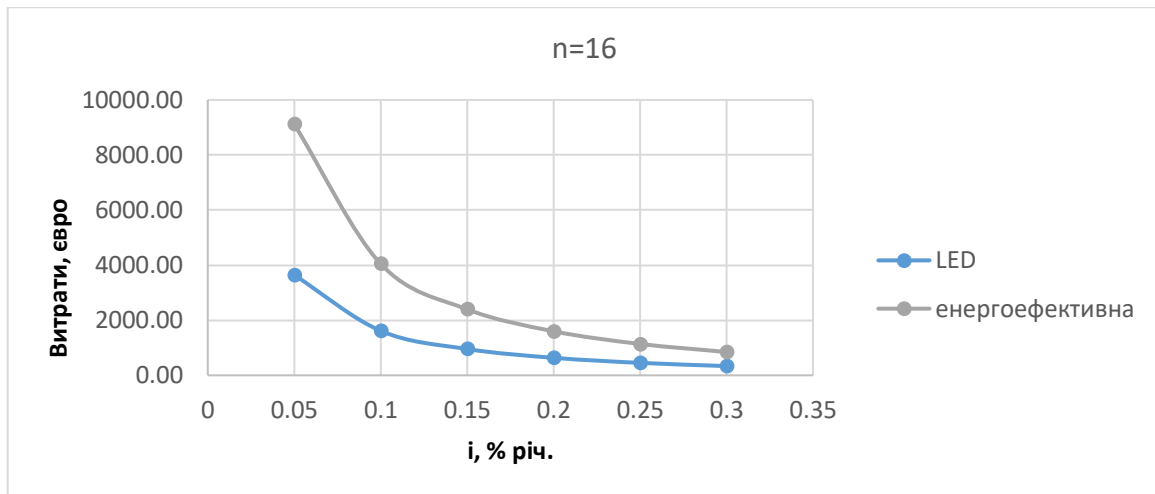


Рис. 3.17. Залежність витрат від вартості капіталу при 16 год. функціонування (Німеччина)

Ситуація в Данії (рис. 3.18-3.19) подібна до Німеччини: річна ставка в 30% є найбільш вигідною для обох типів ламп, а рівень витрат при 16 годинах роботи також нижчий, ніж при 8 годин і для LED і для енергоефективних ламп.

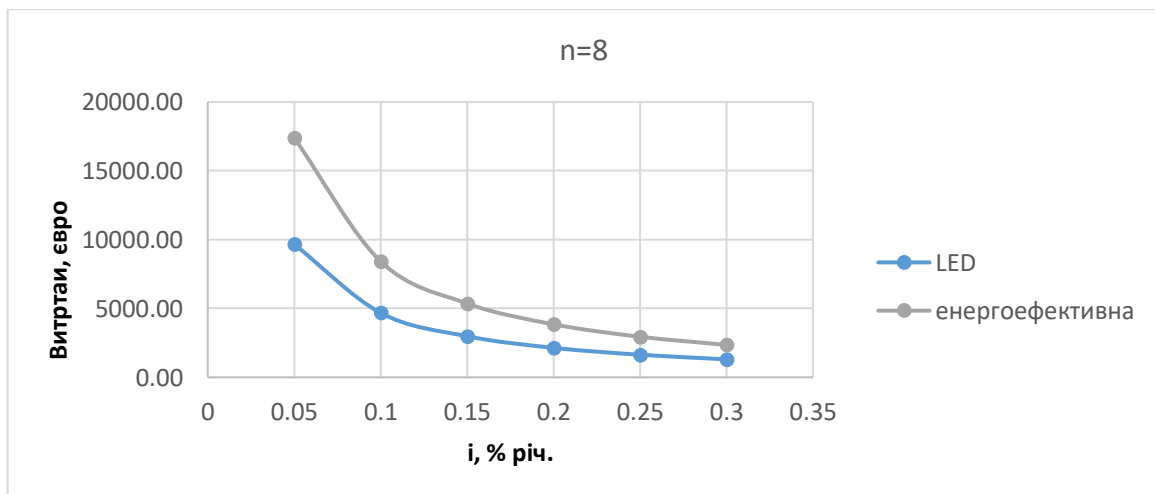


Рис. 3.18. Залежність витрат від вартості капіталу при 8 год. функціонування (Данія)

Тарифи на електроенергію в Данії також зросли на більш ніж 2% впродовж року [37].

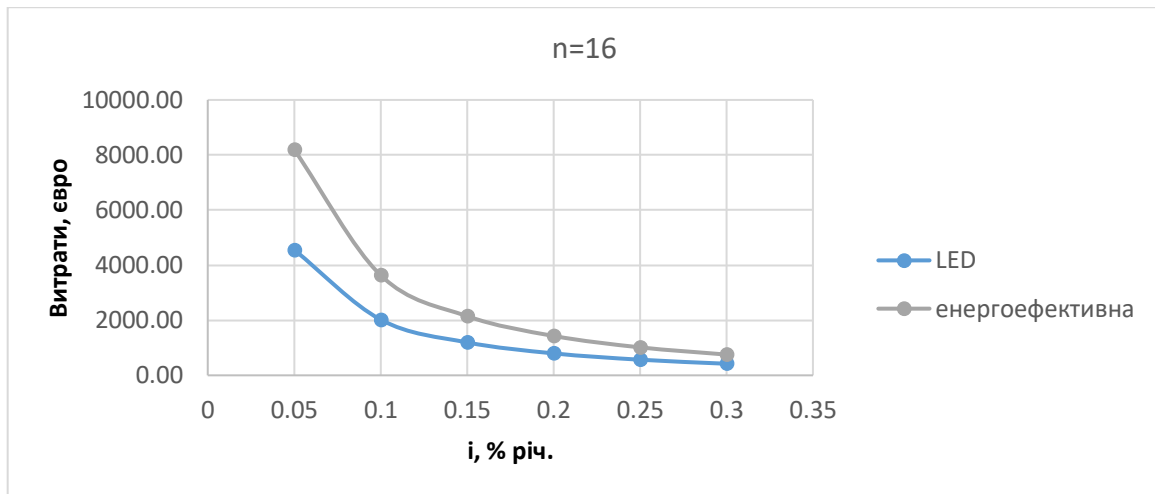


Рис. 3.19. Залежність витрат від вартості капіталу при 16 год. функціонування (Данія)

У Польщі (рис. 3.20-3.21) можна помітити подібні для країн ЄС тенденції: ставка 30% річних є найбільш вигідною, а рівень витрат при 16 годин нижчий, ніж при 8 годин також для обох типів ламп.

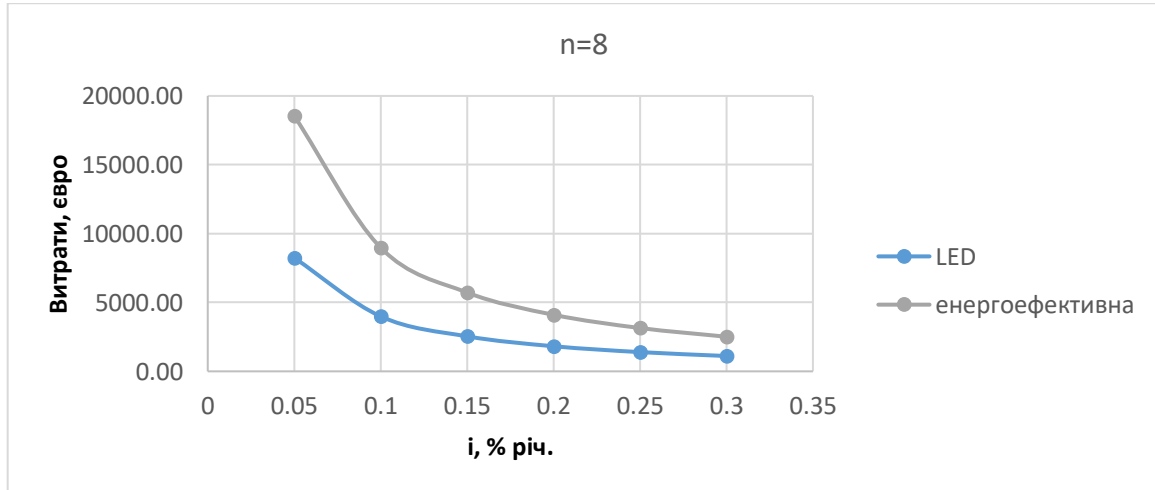


Рис. 3.20. Залежність витрат від вартості капіталу при 8 год. функціонування (Польща)

У країні також відбувається підвищення цін на засоби освітлення та електроенергію, як і в інших країнах ЄС [37].

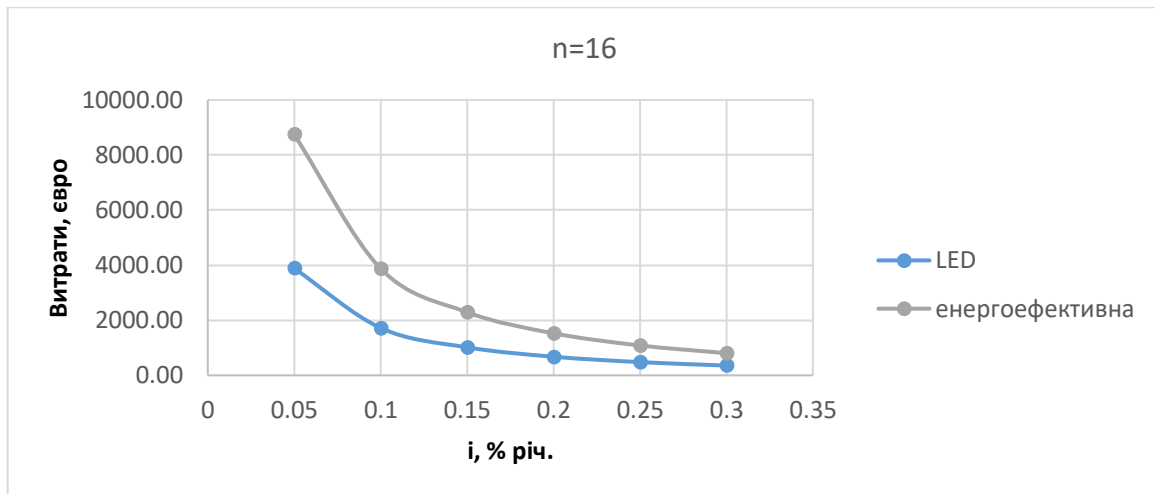


Рис. 3.21. Залежність витрат від вартості капіталу при 16год. функціонування (Польща)

На відміну від країн ЄС, в Україні досі використовуються лампи розжарювання (рис. 3.22-3.23), а минулого року вони також були доступні на ринках освітлювальних засобів у Польщі [37]. Аналіз виявив економічну неефективність використання цього типу ламп: експлуатаційна вартість систем освітлення приміщень з використанням ламп розжарювання перевищує у 15 та 7 разів відповідно перевищує витрати, пов'язані з використанням у таких системах LED або енергоефективних ламп замість ламп розжарювання.

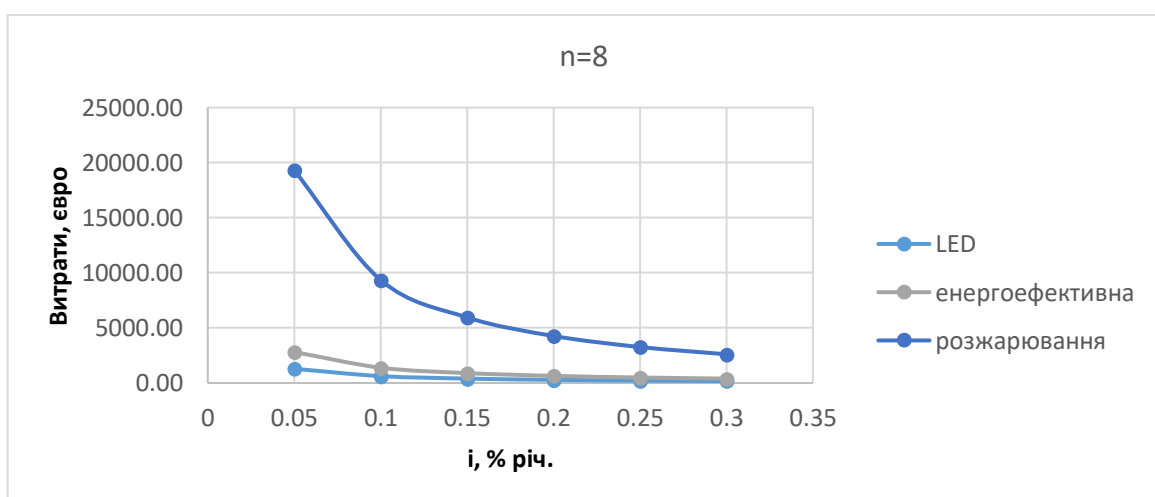


Рис. 3.22. Залежність витрат від вартості капіталу при 8 год. функціонування (Україна)

Як в Польщі, так і у Данії та Німеччині найнижчі експлуатаційні витрати зафіксовані при відсотковій ставці у розмірі 30% річних.

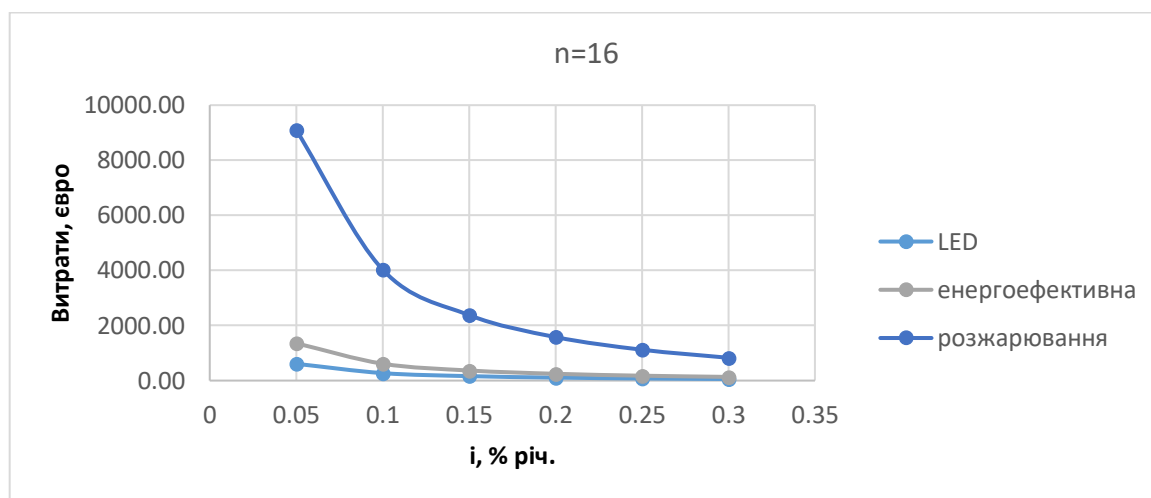


Рис. 3.23. Залежність витрат від вартості капіталу при 16 год. функціонування (Україна)

За нинішньої вартості систем та засобів освітлення, які у них використовуються, а також наявних рівнів тарифів проведений аналіз свідчить (рис. 3.15-3.22), що використання LED ламп у системах внутрішнього освітлення є найбільш економічно ефективним для всіх країн ЄС. Крім того, проведене дослідження показує, що навіть за умови зростання тарифів на електроенергію використання LED ламп все ще залишається економічно та екологічно доцільною альтернативою.

Висновки до розділу 3

Важливість вуличного освітлення у створенні комфортного та безпечного проживання мешканців та функціонування підприємств міста важко переоцінити. Однак ціни на комунальні послуги становлять значну частину загальної структури витрат. Крім того, тарифи мають безпосередній вплив на вибір системи освітлення. У результаті вибір найкращої системи освітлення заощаджує гроші та підвищує

енергоефективність господарчих об'єктів та міста в цілому. Дослідження показало, що використання натрієвих ламп у системах вуличного освітлення в ЄС та LED ламп в Україні є найбільш економічно доцільним варіантом при тривалому терміні активної роботи систем зовнішнього освітлення.

Попередні дослідження [3] показали, що використання ефективних систем освітлення приміщення із використанням сучасних та енергозберігаючих лампочок дозволяє заощадити до 80% додаткового споживання енергії. Незважаючи на те, що ціни на електроенергію для побутових споживачів та на засоби для систем освітлення приміщень в ЄС та в Україні змінюються, а саме зростають, розрахунки показують, що LED лампи є найбільш економічно ефективними, з найнижчими експлуатаційними витратами в усіх країнах, ситуація в яких аналізується, порівняно з іншими типами ламп.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Стан електроенергетичної галузі безпосередньо впливає на національну економіку держав, адже є одним з основних складових процесу забезпечення енергетичної безпеки. Виробничі потужності мають задовольняти споживчий попит незалежно від кліматичних, екологічних, соціально-економічних та політичних умов.

Проведені дослідження показали значну залежність європейських країн від імпорту енергоносіїв, особливо з Росії. У зв'язку з військовим вторгненням в Україну, відкритою спекуляцією цін на російські енергоресурси (найбільше газу) і великим зростанням тарифів на електроенергію перед Європейським Союзом постає нагальне питання щодо відмови від імпорту паливно-енергетичних ресурсів з Росії та пошуку альтернатив. Аналіз електроенергетичного сектору країн ЄС продемонстрував зростання привабливості ВДЕ та наявність альтернативних країн-постачальників енергоресурсів (США, Катар). Політика держав у сфері електроенергетики має бути спрямована на залучення інвестицій в екологічно чисте виробництво електроенергії та підвищення рівня енергоефективності. Такі дії також допомагають досягти кліматичних цілей, визначених стратегією розвитку ЄС.

Україна продовжує реформувати та розвивати електроенергетичну галузь. Найбільший розквіт за останні 5 років можна спостерігати у секторі відновлюваної енергетики, де частка виробничих потужностей зросла в декілька разів. Країна відмовляється від імпорту значної кількості паливно-енергетичних ресурсів та переходить на самозабезпечення. Насамперед це викликано складною економічною ситуацією внаслідок збройної агресії з боку Російської Федерації, що негативно відобразилося на галузі. Окупація, пошкодження та руйнування виробничих потужностей та енергетичної інфраструктури безпосередньо впливають на зниження обсягів валового виробництва електроенергії. Тому зараз в Україні крім заощадження коштів також необхідним є заощадження електроенергії. Значною мірою цього можна досягти використанням сучасних енергоефективних систем та засобів освітлення.

Дослідження показали, що значна частина електроенергії витрачається саме на освітлення. Основними шляхами заощадження електроенергії при роботі систем

зовнішнього і внутрішнього освітлення є використання енергоефективних освітлювальних засобів. Тому було проведено порівняльний аналіз доцільності застосування різних типів освітлювальних засобів у системах зовнішнього та внутрішнього освітлення. У системах вуличного освітлення зазвичай LED, натрієві та ртутні лампи. Дослідження показало, що використання натрієвих ламп у системах вуличного освітлення в ЄС та LED ламп в Україні є найбільш економічно доцільним варіантом при тривалому терміні активної роботи систем зовнішнього освітлення. У системах освітлення приміщень найчастіше використовуються LED, енергоефективні та лампи розжарювання. Аналіз показав доцільність використання у таких системах LED ламп навіть при зростаючих тарифах на електроенергію, бо вони є найбільш енергоефективними, екологічними та економічними.

Таким чином раціональний вибір систем освітлення заощаджує гроші та підвищує енергоефективність житлових і офісних приміщень, систем зовнішнього освітлення суб'єктів господарювання та економіки в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. "Укренерго" продовжить виконувати свої зобов'язання з обслуговування кредитних боргів – голова правління. URL: https://interfax.com.ua/news/interview/821263.html?fbclid=IwAR3q7An7w_I6ALTG5ljbME1aWcdGk2djT5IvBMz33h30Eum7RZEVjsTvngE (дата звернення 14.05.2022)
2. bp Statistical Review of World Energy 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (дата звернення 14.05.2022)
3. BRIEF NO1: IMPACT OF WAR IN UKRAINE ON FOOD, ENERGY AND FINANCE SYSTEMS. URL: <https://news.un.org/pages/wp-content/uploads/2022/04/UN-GCRG-Brief-1.pdf> (дата звернення 14.05.2022)
4. Charles Moore European Electricity Review 2022. URL: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2022/> (дата звернення 30.03.2022)
5. Christian Egenhofer, Irina Kustova. The EU Electricity Sector Will Need Reform, Again. URL: <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2019/number/6/article/the-eu-electricity-sector-will-need-reform-again.html> (дата звернення 30.03.2022)
6. Georges Corbineau, Nick Ferris, Josh Rayman. Live EU electricity generation map. URL: <https://www.energymonitor.ai/sectors/power/live-eu-electricity-generation-map> (дата звернення 30.03.2022)
7. How the European electricity market works. URL: <https://www.enformer.com/en/how-the-european-electricity-market-works/> (дата звернення 14.05.2022)
8. IEA (2020), Energy and Carbon Tracker 2020, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity> (дата звернення 30.03.2022)

9. IEA (2020), European Union 2020, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/european-union-2020> (дата звернення 30.03.2022)
10. IEA (2020), Ukraine energy profile, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraine-energy-profile/market-design> (дата звернення 14.05.2022)
11. IEA (2020), Ukraine energy profile, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraine-energy-profile> (дата звернення 14.05.2022)
12. IEA (2021), Ukraine. IEA, Paris. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ac51678f-5069-4495-9551-87040cb0c99d/UkraineEnergyProfile.pdf> (дата звернення 14.05.2022)
13. IEA (2021), Lighting, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/lighting> (дата звернення 30.03.2022)
14. Jeff Tollefson. What the war in Ukraine means for energy, climate and food. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00969-9> (дата звернення 14.05.2022)
15. Jos Delbeke, Jan Cornillie, Peter Vis. The impact of the war in Ukraine on Europe's climate and energy policy. URL: <https://www.eui.eu/news-hub?id=the-impact-of-the-war-in-ukraine-on-europes-climate-and-energy-policy> (дата звернення 14.05.2022)
16. OECD (2019), Огляд енергетичного сектору України. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-UKR.pdf> (дата звернення 14.05.2022)
17. OECD (2020), Monitoring the Energy Strategy of Ukraine 2035. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-EN-.pdf> (дата звернення 14.05.2022)
18. Pablo Ruiz, Susan Hansen. The divergent impacts of the war in Ukraine on the EU's energy transition. URL: <https://economics.rabobank.com/publications/2022/april/the-divergent-impacts-of-the-war-in-ukraine-on-the-eus-energy-transition/> (дата звернення 14.05.2022)

19. Ruslan Kermach. The Ukrainian electric power industry on the front line: challenges and opportunities ahead. URL: <https://neweasterneurope.eu/2022/05/03/the-ukrainian-electric-power-industry-on-the-front-line-challenges-and-opportunities-ahead/> (дата звернення 14.05.2022)
20. Saywah Mahmood. Ukraine's energy security landscape mapped: where are the country's power plants located? URL: [https://www.power-technology.com/analysis/ukraine-power-plants/#:~:text=How%20does%20Ukraine%20generate%20its,%25\)%20of%20the%20country's%20electricity](https://www.power-technology.com/analysis/ukraine-power-plants/#:~:text=How%20does%20Ukraine%20generate%20its,%25)%20of%20the%20country's%20electricity) (дата звернення 14.05.2022)
21. Svitlana Chekunova. Improving the Wholesale Electricity Market Model in Ukraine. URL: <https://razumkov.org.ua/en/articles/improving-the-wholesale-electricity-market-model-in-ukraine> (дата звернення 14.05.2022)
22. Вплив світла на здоров'я і самопочуття людини. URL: <https://ly.ua/ua/blog/vliyanie-sveta-na-zdorove-i-samochuvstvie-cheloveka/> (дата звернення 30.05.2022)
23. Вплив світлодіодних ламп на здоров'я людини. URL: <https://www.shantylight.km.ua/led-lampu-i-zdorovya/> (дата звернення 30.05.2022)
24. Вуличні світлодіодні світильники: сучасне рішення проблем освітлення. URL: <https://stolb.com.ua/vulichni-svitlodiodni-svitilniki-suchasne-rishennya-problem-osvitlennya/> (дата звернення 30.03.2022)
25. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. – К., 2009. – 408 с. Основи охорони праці: лекційні матеріали. – Полтава: ПНПУ, 2019.
26. Дейна А. Ю. Статистична оцінка енергоефективності виробництва та споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні // Статистика України. 2017. №3. С. 45-52.
27. Демченков Я. Як війна в Україні пришвидшує перехід ЄС на відновлювані джерела енергії. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/05/12/686934/> (дата звернення 14.05.2022)

28. Демченков Я., Наконечна В. Масштаби шкоди енергосистемі України, завданої війною, та розвиток альтернативних джерел енергії. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/3457272-masstab-i-skodi-energositemi-ukraini-zavdanoi-vijnou-ta-rozvitok-alternativnih-dzerel-energii.html> (дата звернення 14.05.2022)
29. Зелена енергетика в Україні на межі банкрутства. Що далі? URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/10/685513/> (дата звернення 14.05.2022)
30. Кармаліта А.К., Лісевич С.П. Проектування підприємств торгівля: лекційні матеріали. – Хмельницький: ХНУ, 2019 р.
31. Ковальчук П.С. За якими критеріями вибрати лампи для вуличних ліхтарів. URL: <http://stroyka-gid.com.ua/idei-dla-doma/9909-lampy-dla-vylichnyx-lixtariv.html> (дата звернення 30.03.2022)
32. Кондратенко М. У 2020 році "зеленої" енергетики в ЄС вперше стало більше, ніж "викопної" – дослідження. URL: <https://www.dw.com/uk/u-2020-rotsi-zelenoi-enerhetyky-v-yes-vpershe-stalo-bilshe-nizh-vykopnoi/a-56338900> (дата звернення 14.05.2022)
33. Критерії вибору вуличних світильників. URL: <https://stolb.com.ua/kriterii-vybora-ulichnykh-svetilnikov/> (дата звернення 30.03.2022)
34. Лампи ДЛР: конструкція та принцип роботи газорозрядної лампи. URL: <https://remontu.com.ua/lampi-drl-konstrukciya-ta-princip-roboti-gazorozryadno-lampi> (дата звернення 30.03.2022)
35. Луцька В. Розповідаємо, як Європі вдалось досягнути цілі – 20% електроенергії із «зелених» джерел. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2020/07/30/rozpovidayemo-yak-yevropi-vdalos-dosyagnuty-tsili-20-elektroenergiyi-iz-zelenyh-dzherel/> (дата звернення 14.05.2022)
36. Мамалига В. М. Методичні рекомендації щодо розроблення техніко-економічного обґрунтування проектів у сфері енергозбереження в Україні: навч. посіб. / за ред. Мамалиги В. М. Київ: United Nations Industrial Development Organization, 2018. -193 с.

- 37.Мамалига В.М., Малай Т.В. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи освітлення приміщення з використанням ламп різних типів для країн Євросоюзу (Німеччина, Данія, Польща) / Формування ринкових відносин в Україні. 2021. - № 3 (238), 2021
- 38.Мамалига В.М., Мамалига Г.В. Програми енергозбереження: проблеми та можливі шляхи їхнього вирішення / Науково-дослідний економічний інститут Міністерства економічного розвитку і торгівлі України: Формування ринкових відносин в Україні. 2015. - № 1 (164), 2015.
- 39.Мамалыга В.М. Разработка технико-экономического обоснования проектов в сфере энерго- и ресурсосбережения / Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. - № 3 (69).
- 40.Масляник В.І., Шведчикова І.О. Особливості впровадженн в Україні систем екодизайну ламп за європейськими нормами. Мехатронні системи і комп'ютерні технології. Ресурсозбереження та охорона навколишнього середовища. – Київ: КНУТД, 2019.
- 41.На період війни ціни на газ для населення мають залишитися без змін. URL: <https://minfin.com.ua/ua/2022/05/29/86233982/> (дата звернення 14.05.2022)
- 42.Натрієві лампи - Схема ДНаТ. Підключення. Принцип роботи та види. URL: <https://beamlight.com.ua/412> (дата звернення 30.03.2022)
- 43.Омельченко В. Україна перевиконує НВВ2. Чи є приводи для оптимізму — експерт. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/ukraina-perevykonuie-nvv2-chy-ie-pryvody-dlia-optymizmu-ekspert> (дата звернення 14.05.2022)
- 44.Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 №2019-VIII
- 45.Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”: Розпорядження Кабінету міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р
- 46.Система зовнішнього освітлення: склад і принцип роботи. URL: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/sistema-naruzhnogo-osvescheniya-sostav-i-princip-raboty/> (дата звернення 30.03.2022)

47. Статистичні дані. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата звернення 30.03.2022)
48. Терещенко Д. Енергетичний фактор війни України з Росією. URL: http://uare.com.ua/novyny/07kensa_saikin.html (дата звернення 14.05.2022)
49. У 2020 році в Європі вперше виробили більше енергії з відновлювальних джерел, аніж викопних. URL: <https://mind.ua/news/20221272-u-2020-roci-v-evropi-vpershe-virobili-bilshe-energiyi-z-vidnovlyuvalnih-dzherel-anizh-vikopnih> (дата звернення 14.05.2022)
50. Утилізація світлодіодних led ламп. URL: <https://alphaeco.com.ua/utilizatsiya-lamp/svitlodiodni-led-lampi> (дата звернення 30.05.2022)
51. Чубик А. Аналіз енергетичної політики і безпеки України. URL: <http://fpp.com.ua/analiz-energetychnoyi-polityky-i-bezpeky-ukrayiny/> (дата звернення 14.05.2022)