

**УДК 621.314.22**

**Микола Тарасенко д.т.н., проф., Віталій Бурмака, Катерина Козак к.т.н.**  
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МОМЕНТІВ ВМИКАННЯ ТА ВИМИКАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ І НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

**Mykola Tarasenko, Dr., Prof., Vitaliy Burmaka, Kateryna Kozak, Ph.D.**  
**ENERGY EFFICIENCY OF SWITCH ON AND SWITCH OFF POINTS OF  
EXTERNAL CITIES LIGHTING AND CAMPS**

Основними шляхами підвищення енергоефективності зовнішнього освітлення міст і населених пунктів в теперішній час є: 1 – заміна низько ефективних джерел світла на високоефективні (лампи розжарення на світлодіоди); 2 – впровадження систем регулювання освітленням – двох режимних електромагнітних та електронних пускорегулювальних апаратів для зниження рівня освітленості у вечірні та ранішні години на 30-50% (економія 20-25%); 3 – стабілізація напруги; 4 – відключення 1/3-2/3 світильників у нічний час (на 4-5 год), коли знижується активність міського населення і інтенсивність дорожнього руху; 5 – забезпечення високих значень коефіцієнта потужності (0,95-0,98) та електромагнітної сумісності освітлювальних установок з мережею живлення.

Найефективнішим і найпростішим, якщо орієнтуватися на високоефективні джерела світла (розрядні лампи високого тиску ДРІ, ДНаТ та світлодіоди), є перший шлях. Інші вимагають значних капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Але аналіз темпів зростання світлової віддачі згаданих джерел світла показав, що ні одно з них в найближчий час не отримає вирішальної переваги за світловою віддачею. Епоха стрімкого зростання світлової віддачі, характерна для періоду світлодіодної революції закінчилася. Основні наукові ідеї і технології реалізовані. Настав час поступового підвищення енергоефективності світлодіодних джерел світла та світлових приладів на їх основі до значень, близьких до рівня теоретичних. Таким чином, не варто в найближчі роки очікувати суттєвого прориву з точки зору енергозбереження у зовнішньому освітленні від застосування досконалих джерел світла. Треба шукати й інші шляхи. Одним з них може бути раціоналізація часу включення та виключення зовнішніх освітлювальних установок (ОУ) у відповідності з моментами сходу і заходу Сонця та врахуванням особливостей видимості рухомих та нерухомих об'єктів під час астрономічних, навігаційних та цивільних сутінок.

Після заходу Сонця не відразу настає повна темрява. Деякий час, поки Сонце не опустилося глибоко під горизонт, воно продовжує освітлювати атмосферу над спостерігачем. В результаті розсіяння в атмосфері сонячні промені освітлюють Землю (рис. 1), обумовлюючи виникнення сутінок.

Сутінки – це проміжки часу між видимим заходом Сонця і настанням ночі (вечірні сутінки) та ніччю, коли небо на сході починає світліти і до сходу Сонця (ранішні сутінки). Їх поділяють на три типи: 1 – цивільні, 2 – навігаційні та 3 – астрономічні. Протягом цивільних сутінок всі видимі об'єкти сприймаються так само гарно як і вдень. Тому в ранішні цивільні сутінки можна починати, а у вечірні – завершувати роботи на вулиці. Під час навігаційних сутінок можна розрізнити лише розмиті контури наземних об'єктів. Без штучного освітлення не сприймаються не тільки деталі, але й їх кольори. Під час навігаційних сутінок можна видіти всі навігаційні зірки, але дуже складно виявити не тільки рухомі, але й стаціонарні об'єкти.



Рис. 1. Схема виникнення сутінок (ліворуч) та їх класифікація (праворуч)

З вище викладеного випливає, що зовнішнє освітлення міст і населених пунктів потрібно вмикати в кінці дня вечором, коли день переходить в ніч у момент початку навігаційних сутінок. Освітлювальні установки повинні працювати в періоди навігаційних, астрономічних сутінок та власне вночі аж до початку цивільних сутінок. В момент переходу до ранішніх цивільних сутінок світло потрібно вимикати. Найкраще для цього використовувати астрономічні реле, призначені для автоматичної комутації електричних мереж з урахуванням координат, в яких знаходиться місто. Для визначення часу сходу і заходу Сонця, початку і кінця сутінок найкраще використовувати спеціальний онлайн калькулятор. При цьому потрібно також враховувати число похмурих та ясних днів по місяцям. Для Тернополя з координатами довгота 49.5535, широта 25.5948 характерно 154,5 похмурих днів, зосереджених у січні - березні, листопаді та грудні і всього 26,7 – ясних у квітні - жовтні.

Місяці року	П'ЯТИ ДЕНКИ												Тривалість ть ночі, ГОД.:ХВ.
	1 ... 5		6 ... 10		11 ... 15		16 ... 20		21 ... 25		26 ... 30		
	ГОД.:ХВ		ГОД.:ХВ		ГОД.:ХВ		ГОД.:ХВ		ГОД.:ХВ		ГОД.:ХВ		
	Вим.	Вмк.	Вим.	Вмк.	Вим.	Вмк.	Вим.	Вмк.	Вим.	Вмк.	Вим.	Вмк.	
Квітень	06:24	20:20	06:12	20:29	06:01	20:36	05:52	20:44	05:41	20:52	05:31	20:52	279:00
Квітень	Вмикання та вимикан. ОУ за сонячним календарем 2018 р. на основі астроном. реле												251:10

Дані щодо вмикання та вимикання ОУ за сонячним календарем 2018 р. на основі астрономічного реле											
Дата	01.04	02.04	03.04	04.04	05.04	06.04	07.04	08.04	09.04	10.04	
Вмк.	21:00	21:02	21:04	21:06	21:07	21:09	21:11	21:13	21:15	21:16	
Вим.	06:21	06:18	06:16	06:14	06:12	06:10	06:07	06:05	06:03	06:01	
Дата	11.04	12.04	13.04	14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04	20.04	
Вмк.	21:18	21:20	21:22	21:24	21:26	21:28	21:30	21:31	21:33	21:35	
Вим.	05:59	05:57	05:54	05:52	05:50	05:48	05:46	05:44	05:42	05:40	
Дата	21.04	22.04	23.04	24.04	25.04	26.04	27.04	28.04	29.04	30.04	
Вим.	21:37	21:39	21:41	21:43	21:45	21:47	21:49	21:51	21:53	21:55	
Вим.	05:37	05:35	05:33	05:31	05:29	05:27	05:25	05:23	05:21	05:19	

Порівняння тривалості роботи зовнішнього освітлення у квітні 2018 р. за добовим графіком вмикання й вимикання для м. Тернополя (за п'ятиденками) і при переході дня у ніч в момент початку вечірніх навігаційних сутінок та вимиканні на початку ранішніх цивільних сутінок показало (див. табл.), що тривалість роботи ОУ у другому випадку на  $279:00-251:10=27:50$  год менше. Таким чином вмикання й вимикання ОУ за сонячним календарем на основі використання астрономічних реле є однозначно економічно вигідніше, ніж за існуючими п'ятиденками.