

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВТРАТ СВІТЛОГО ЧАСУ ДОБИ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
У РАЗІ ПЕРЕХОДУ НА ПОСТІЙНИЙ ЗИМОВИЙ ЧИ ЛІТНІЙ ЧАСЮ.В. Кузьменко^{1*}, канд. техн. наук, С.М. Шевкун^{1**}, канд. техн. наук,М.В. Добролюбова^{2***}, канд. техн. наук, О.В. Стаценко^{2****}, канд. техн. наук, М.С. Шевкун³¹ Державне підприємство "Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів",
вул. Метрологічна, 4, Київ, 03143, Україна.E-mail: jkuzmenko@ukrcsm.kiev.ua; shevkun@ukrcsm.kiev.ua,² НТУ України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського",
Берестейський проспект, 37, Київ, 03056, Україна.E-mail: m.v.dobroliubova@gmail.com; o.statsenko@kpi.ua.³ Perfect Computer Solutions LLC,

США, 12561, Нью-Йорк, Нью-Палс, 22 N Оуквуд-Террас.

E-mail: mshevkun.dev@gmail.com

Останнім часом у суспільстві багатьох країн світу суттєво загострилася дискусія щодо доцільності щорічного переходу на літній та зимовий час. Враховуючи певний дискомфорт від переведення стрілок годинників, більшість населення пропонує від нього відмовитися. Але не існує остаточного обґрунтованого рішення, на якому часі слід зупинитися як на постійному – зимовому (поясному, стандартному), чи літньому. Перехід на літній час було запроваджено з метою заощадження електроенергії, але на даний час немає точних розрахунків щодо його підтвердження. Роботу присвячено розв'язанню актуальної проблеми визначення найбільш ефективного порядку обчислення часу з точки зору більш повного використання сонячного світла і, відповідно, зменшення втрат електроенергії на освітлення у життєдіяльності сучасного світового суспільства. Метою є розробка методики точного розрахунку втраченого світлого часу доби та втрат електроенергії на освітлення населенням різних країн світу за різних варіантів обчислення часу – у разі застосування щорічного переходу на літній та зимовий (поясний, стандартний) час; відмови від переходу на літній час та остаточне введення зимового часу; відмови від переходу та застосування постійного літнього часу. Наведено основні аргументи прихильників і супротивників запровадження постійного зимового та літнього часу. Проведено розрахунок та порівняльний аналіз втрат світлого часу доби та, як наслідок, втрат електричної енергії на освітлення за рік за різних варіантів обчислення часу. Здійснено розрахунок орієнтовної вартості втрат електричної енергії на освітлення за різних варіантів обчислення часу для деяких європейських країн. Задля підвищення точності розрахунків розглянуто соціологічний аспект досліджень у поєднанні з астрономічним. Розроблену методику рекомендовано використовувати у розрахунках під час визначення оптимального порядку обчислення часу у різних країнах світу задля введення його на законодавчому рівні. Застосування методики надасть можливість заощадити значні обсяги електроенергії під час вечірніх пікових навантажень енергоспоживання, що сприятиме стійкості енергосистеми країни і збереженню паливних та фінансових ресурсів. Бібл. 19, рис. 7, табл. 6.

Ключові слова: втрати електричної енергії, втрати світлого часу, зимовий час, літній час, світлий час доби, переведення годинників, стандартний час, поясний час.

Вступ. Останнім часом у суспільстві багатьох країн світу суттєво загострилася дискусія щодо доцільності переходу на літній час, який застосовується майже у 70 країнах світу.

Відсутність точних розрахунків економії електроенергії, заради якої він запроваджувався, а також наявність певного дискомфорту в організмі людини під час переходу із зимового на літній час і назад, що зумовлює необхідність тривалої адаптації, призводить до того, що з'являється все більше

© Кузьменко Ю.В., Шевкун С.М., Добролюбова М.В., Стаценко О.В., Шевкун М.С. 2025

ORCID: * <https://orcid.org/0000-0001-8365-8040>; ** <https://orcid.org/0000-0003-1923-6227>;*** <https://orcid.org/0000-0003-3647-3320>; **** <https://orcid.org/0000-0001-8730-2789>

© Видавець Інститут електродинаміки НАН України, 2025

Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

прихильників відміни цього переходу. Але немає єдиної думки, який час остаточно обрати у разі відмови від переведення стрілок – літній чи зимовий.

Літній час (DST), коли стрілки годинника переводять на одну годину вперед весною і переводять на одну годину назад восени, вперше було введено в Європі в 1916 році. Тоді Німеччина, яка ще перебувала у стані війни, намагалася скоротити споживання вугілля на електростанціях, щоб його залишки могли бути використані для її порохових заводів. Більшість країн Європи, Великобританія, США та Австралія також запровадили введення літнього часу.

Від цієї практики в Європі в основному відмовилися після Другої світової війни, але вона була відновлена в 1970-х роках через нафтову кризу у спробі знизити потребу в штучному освітленні і, отже, споживанні енергії.

Літній час було запроваджено майже на всій території Сполучених Штатів з 1966 року після того, як його вперше застосовували у 1918 році. Цілорічний літній час використовувався під час Другої світової війни і його було введено знову у 1973 році у спробі скоротити споживання енергії через нафтове ембарго.

Сенат США 15 березня 2022 року одностайно прийняв законопроект, який робив літній час постійним, і скасовував з 2023 року переведення годинників двічі на рік [1]. Цей законопроект називався «Закон про захист сонячного світла». Закон просували прихильники, які виступають за яскравіші дні і більшу економічну активність.

Палата представників провела слухання з цього питання у профільному Комітеті з енергетики та торгівлі, на якому було обговорено наступні аргументи прихильників і супротивників законопроекту:

- прийняття закону допоможе дітям довше грати на свіжому повітрі та зменшить сезонну депресію;
- прийшов час ідеї щодо відмови від переведення годинників;
- ми не повинні дозволяти дітям ходити до школи у темряві;
- з 2015 року близько 30 штатів США ухвалили закон, що забороняє переведення годинників двічі на рік, причому деякі штати пропонують зробити це тільки в тому випадку, якщо сусідні штати зроблять те саме;
- втрата цієї однієї години сну впливає на людей протягом декількох днів після переведення годинників, порушуючи режим сну наших дітей та наших домашніх улюбленців;
- соціальне опитування 2019 року показало, що 71 % американців вважають за краще більше не переводити годинник двічі на рік;
- закон може запобігти невеликому зростанню числа автокатастроф, який зазвичай відбувається під час зміни часу;
- проведені медичні дослідження вказують на невелике збільшення частоти серцевих нападів та інсультів невдовзі після зміни часу;
- цей закон може допомогти таким підприємствам, як поля для гольфу, які могли б отримати більше користі від вечірнього денного світла;
- прийняття закону буде мати реальні наслідки для економіки та повсякденного життя;
- законопроект дозволить Аризоні та Гаваям, які не дотримуються літнього часу, залишитися на поясовому часі, а також Американському Самоа, Гуаму, Північним Маріанським островам, Пуерто-Ріко та Віргінським островам США;
- більшість підтримує припинення переведення годинників, але ще не вирішено, чи підтримувати літній або стандартний час як постійний вибір.

Департаментом транспорту (DOT) повідомлено, що перехід на літній час заощаджує енергію, запобігає дорожньо-транспортним пригодам і знижує рівень злочинності. DOT контролює часові пояси та одноманітне дотримання літнього часу.

Через розбіжності у виборі остаточного літнього або зимового часу Закон про захист сонячного світла не був прийнятий Палатою представників США і не був підписаний президентом Джо Байденом.

Обраний новий президент США Дональд Трамп заявив у грудні 2024 року про необхідність скасування переходу на літній час. Він написав у соцмережах: «Республіканська партія докладе всіх зусиль, щоб скасувати перехід на літній час, який має невелике, але впливове коло прихильників. Цього не повинно бути. Перехід на літній час незручний і дуже дорого коштує нашій країні» [2]. В той же час Трамп не зазначив конкретно, на якому часі після скасування переходу слід остаточно залишитися – на літньому чи зимовому.

Конгрес не проводив нових слухань з цього питання вже понад два роки. Тепер Сенату доведеться розглядати його знову.

В Європейському Союзі перехід на літній час визначено Директивою 2000/84/ЄС Європейського Парламенту і Ради Європи від 19.01.2001 р. «Про перехід на літній час» [3].

В Європі питання про переведення на літній час також загострюється. Громадські організації та експерти вимагають від політиків включати відмову від переведення годинників у Європі до виборчих програм ЄС. Створено Міжнародний альянс за природний час (IANT) та громадську організацію Ініціатива з використання часу (Time Use Initiative), яка видала Маніфест ЄС про політику використання часу [4].

Маніфест включає 12 необхідних змін, які Європа має внести на законодавчому рівні, щоб гарантувати «право на час» усім європейцям. Час стає усе більш дефіцитнішим і нерівним ресурсом. 20 % громадян Європи та 34 % європейських жінок з дітьми відчувають брак часу. Наслідки нестачі часу і нерівності у часі мають далекосяжні наслідки, торкаючись як індивідуального добробуту, так і соціальної злагодженості.

Одна з ключових пропозицій Маніфесту полягає в тому, що ЄС має покласти край сезонним змінам часу – це шлях до швидкого отримання вигод для здоров'я, економіки та навколишнього середовища. Маніфест пропонує сформулювати Дорожню карту щодо відміни літнього часу (сезонного переведення годинників) до 2026 року.

В свою чергу в Європейському Союзі з 4 липня по 16 серпня 2018 року проходило найбільше в історії ЄС онлайн-опитування щодо порядку обчислення часу, в якому взяли участь близько 4,6 мільйона осіб. Понад 80 % учасників опитування виступили за відміну зміни часу [5].

Європейська комісія, спираючись на результати соціопитування, 12 вересня 2018 року представила план відмови Європейського Союзу від сезонного переведення годинників.

Комісія пропонувала країнам ЄС назавжди відмовитись від зміни часу з 2019 року.

Згідно з пропозиціями ЄК сезонне переведення годинника необхідно скасувати у всьому Євро-союзі. Проте ключовим моментом є те, що комісія надає країнам-членам свободу вирішити, за яким часом вони хочуть жити – зимовим або літнім.

Єврокомісія пропонує, щоб сусідні країни ухвалювали рішення скоординовано, щоб забезпечити належне функціонування внутрішнього ринку та уникнути ситуації, за якої деякі держави-члени вирішать зберегти переведення годинників, а інші відмовляться від цієї практики.

Пропозицію Європейської комісії мали погодити Європарламент та Рада ЄС. У 2019 році Європарламент підтримав скасування обов'язкового переведення годинників на літній та зимовий час. Це означає, що кожна країна, яка є членом Євросоюзу, може сама обирати: зберегти діючу систему переведення годинника або взагалі відмовитися від неї.

Після 2019 року політичних рішень щодо порядку обчислення часу на рівні Євросоюзу не приймалося.

Мета роботи – розробка методики точного розрахунку втраченого світлого часу доби та, як наслідок, втрат електричної енергії на освітлення за рік населенням різних країн світу за різних варіантах обчислення часу – застосуванні переходу на літній час; відмові від переходу на літній час та остаточне введення зимового (стандартного, поясного) часу; відмові від переходу та застосування постійного літнього часу, а також проведення порівняльного аналізу втрат світлого часу доби у разі застосування переходу на літній час, запровадженні постійного літнього або постійного зимового часу в окремих країнах Європи. Суть методики полягає у знаходженні різниці між середнім часом пробудження населення та часом сходу сонця певної доби, що на дану добу є втраченим світлим часом. Після цього втрачений світлий час за кожен добу підсумовується за цілий рік. Отримана величина втраченого світлого часу за рік за різних варіантах обчислення часу дає змогу здійснити їх порівняльний аналіз з визначенням оптимального. Вирішення цих завдань потребує розгляду соціологічного та астрономічного аспектів досліджень.

1. Соціологічний та астрономічний аспекти досліджень. Основним критерієм задля правильного вибору порядку обчислення часу є максимальне використання світлого часу доби більшістю населення країни. Тому вирішення цього питання потребує досліджень двох аспектів – соціологічного і астрономічного.

Соціологічний аспект передбачає визначення середнього значення часу ранкового пробудження та часу вечірнього відходу до сну переважної більшості населення країни. Зазначені величини від-

різняються від країни до країни і від регіону до регіону, визначаються історично життєвим укладом, на який впливають економічні галузі зайнятості населення.

Ці величини мають яскраво виражений суб'єктивний характер, залежать від нації, культури, статі людини, і змінюються разом з віком і родом діяльності.

Серед сучасних методів визначення середньостатистичного часу пробудження та часу відходу до сну найчастіше використовуються наступні:

- статистична обробка і аналіз трафіку операторів мобільного зв'язку;
- застосування носимих електронних пристроїв, що фіксують біоритми людини і час відходу до сну і пробудження;
- використання відповідних мобільних застосунків для відстежування показників сну (ENTRAIN тощо);
- соціологічне опитування (Exit Poll).

Дослідниками Національного університету Сінгапуру та фінського стартапу з технологій сну Oura Health здійснено обробку анонімних даних, зібраних з популярного носимого пристрою в період з січня 2021 року по січень 2022 року. Проаналізовано звички щодо сну понад 220 000 людей у 35 країнах [6, 7]. У той час як дослідження сну історично спиралися на дані опитування невеликої кількості людей в один момент часу, програми для відстеження сну можуть об'єктивно відстежувати сон за рухами, частотою серцевих скорочень і температурою тіла великих вибірок користувачів протягом тривалого часу.

Отримані значення середнього часу відходу до сну та пробудження (робочі дні тижня) за різними країнами зображено на рис. 1 [6-9].

Астрономічний аспект передбачає визначення втрат світлого часу доби, виходячи із часу пробудження більшості населення країни і астрономічного часу сходу сонця. Втрати світлого часу доби будуть мати місце тоді, коли схід сонця відбувається раніше, ніж пробуджується основна частина населення

$$t_{ls} = \bar{t}_{wut} - \bar{t}_{ss},$$

де t_{ls} – втрати світлого часу доби; $\bar{t}_{wut}$ – середній час пробудження населення країни; $\bar{t}_{ss}$ – середній по країні астрономічний час сходу сонця.

Для спрощення методики розрахунку будемо вважати, що кожна людина протягом року пробуджується в один і той же час, який залежить від часу початку робочого (навчального) дня. Тоді і середній час пробудження населення країни щодоби буде величиною постійною. Оскільки астрономічний час сходу сонця від доби до доби змінюється, то і втрати світлого часу доби кожного дня будуть відрізнятися.

2. Визначення та порівняльний аналіз втрат світлого часу за рік. Задля визначення загальних втрат світлого часу за рік необхідно підсумувати втрати світлого часу за кожну добу протягом року

$$t_{ly} = \sum_{i=1}^{366} (\bar{t}_{wut} - \bar{t}_{ss_i}).$$

Визначення втрат світлого часу доби розглянемо на прикладі таких міст як Харків, Київ, Львів, Софія, Афіни, Берлін, Лондон та Барселона.

Приклад розрахунку втрат світлого часу у місті Київ у разі застосування переходу з зимового на літній час та назад наведено у табл. 1.

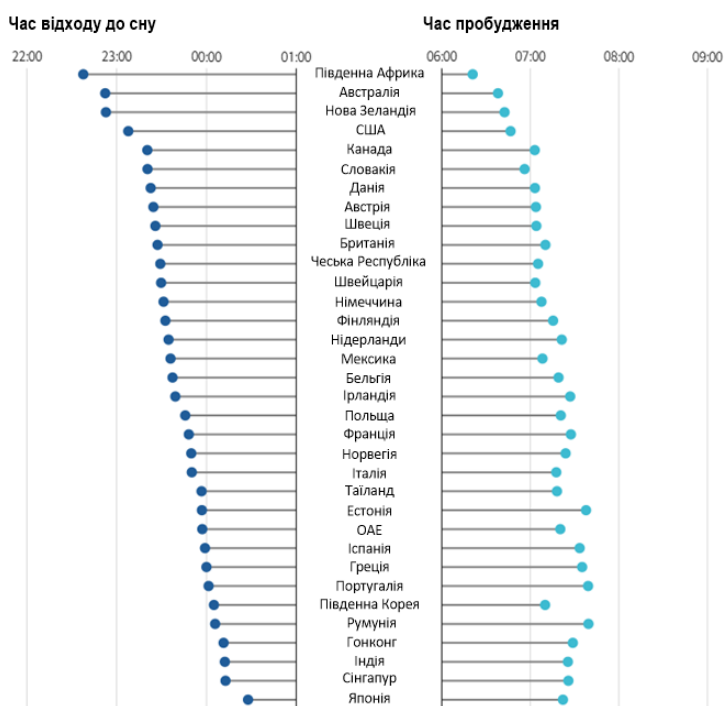


Рис. 1

Аналогічно до табл. 1 розраховується втрачений світлий час для усіх порядків обчислення часу таких міст як Харків, Львів, Софія, Афіни, Берлін, Лондон та Барселона.

Таблиця 1

Дата	Номер доби з початку року	Час сходу Сонця	Середній час пробудження	Час заходу Сонця	Середній час відходу до сну	Втрачений світлий час, хвилини	Дата	Номер доби з початку року	Час сходу Сонця	Середній час пробудження	Час заходу Сонця	Середній час відходу до сну	Втрачений світлий час, хвилини
пн, 1 січня	1	7:56	7:42	16:05	0:26	—	чт, 1 серпня	214	5:24	7:42	20:43	0:26	138
ср, 31 січня	31	7:33	7:42	16:49	0:26	9	сб, 31 серпня	244	6:09	7:42	19:46	0:26	93
чт, 1 лютого	32	7:31	7:42	16:51	0:26	11	нд, 1 вересня	245	6:11	7:42	19:44	0:26	91
чт, 29 лютого	60	6:40	7:42	17:39	0:26	62	пн, 30 вересня	274	6:55	7:42	18:39	0:26	47
пт, 1 березня	61	6:38	7:42	17:41	0:26	64	вт, 1 жовтня	275	6:57	7:42	18:37	0:26	45
пт, 29 березня	89	5:37	7:42	18:27	0:26	125	пт, 25 жовтня	299	7:36	7:42	17:47	0:26	6
сб, 30 березня	90	5:35	7:42	18:28	0:26	127	сб, 26 жовтня	300	7:37	7:42	17:45	0:26	5
нд, 31 березня	91	6:33	7:42	19:30	0:26	69	нд, 27 жовтня	301	6:39	7:42	16:44	0:26	63
пн, 1 квітня	92	6:31	7:42	19:32	0:26	71	пн, 28 жовтня	302	6:41	7:42	16:42	0:26	61
вт, 2 квітня	93	6:29	7:42	19:33	0:26	73	вт, 29 жовтня	303	6:42	7:42	16:40	0:26	60
вт, 30 квітня	121	5:31	7:42	20:18	0:26	131	чт, 31 жовтня	305	6:46	7:42	16:36	0:26	56
ср, 1 травня	122	5:30	7:42	20:19	0:26	132	пт, 1 листопада	306	6:47	7:42	16:35	0:26	55
пт, 31 травня	152	4:49	7:42	21:01	0:26	173	сб, 30 листопада	335	7:33	7:42	15:59	0:26	9
сб, 1 червня	153	4:49	7:42	21:02	0:26	173	нд, 1 грудня	336	7:35	7:42	15:58	0:26	7
чт, 20 червня	172	4:44	7:42	21:15	0:26	178	нд, 22 грудня	357	7:54	7:42	15:58	0:26	—
нд, 30 червня	182	4:48	7:42	21:15	0:26	174	вт, 31 грудня	366	7:56	7:42	16:05	0:26	—
пн, 1 липня	183	4:48	7:42	21:14	0:26	174	Втрачений світлий час за рік, хв						29 596
ср, 31 липня	213	5:23	7:42	20:45	0:26	139	Втрачений світлий час за рік, години						493 години 16 хвилин

Середній час пробудження і відходу до сну населення країн, що досліджуються, наведено в табл. 2.

Під час розрахунків було враховано, що час пробудження і відходу до сну населення України складає, згідно [6, 10-11], 7.42 та 0.26 годин відповідно (табл. 2).

На рис. 2 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Київ при переході з зимового на літній час та назад з ділянкою втраченого світлого часу. Ділянка графіку, обмежена лінією графіка сходу сонця та прямою середнього значення часу пробудження країни, виділена жовтим кольором, ілюструє втрачений світлий час доби протягом року.

На рис. 3 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Берлін при переході з зимового на літній час та назад з ділянкою втраченого світлого часу.

Таблиця 2

№ з/п	Країна	Середній час пробудження	Середній час відходу до сну
1	Україна	7:42	0:26
2	Болгарія	7:40	0:00
3	Греція	7:40	0:00
4	Німеччина	7:10	23:30
5	Великобританія	7:10	23:25
6	Іспанія	7:35	0:00

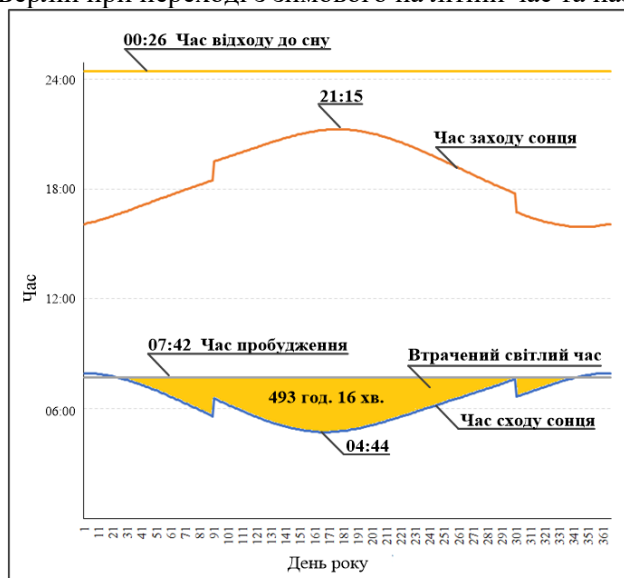


Рис. 2

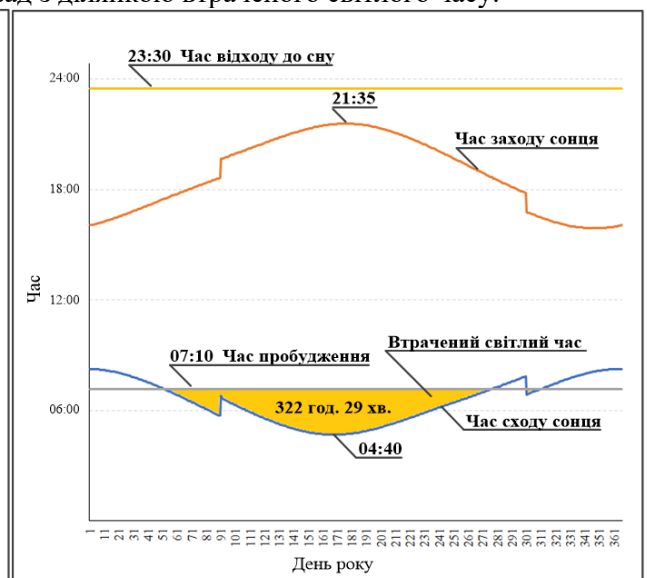


Рис. 3

На рис. 4 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Київ при застосуванні тільки зимового (поясного) часу з ділянкою втраченого світлого часу. На рис. 5 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Берлін у разі застосування тільки зимового (поясного) часу з ділянкою втраченого світлого часу. На рис. 6 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Київ у разі

застосування тільки літнього часу з ділянкою втраченого світлого часу. На рис. 7 наведено графік сходу/заходу сонця для міста Берлін у разі застосування тільки літнього часу з ділянкою втраченого світлого часу.

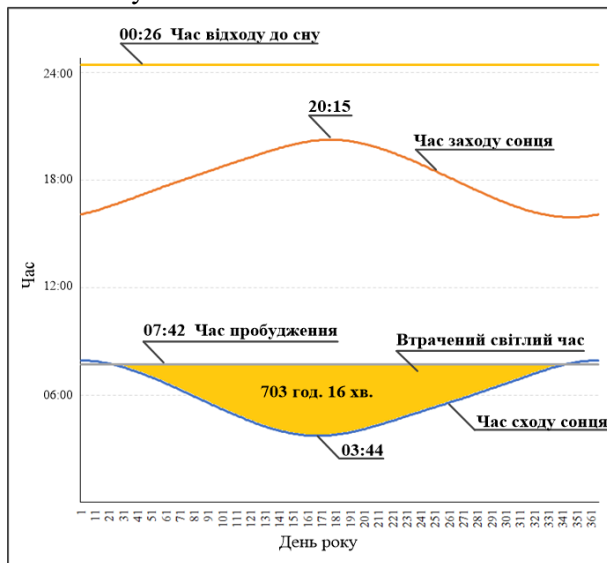


Рис. 4

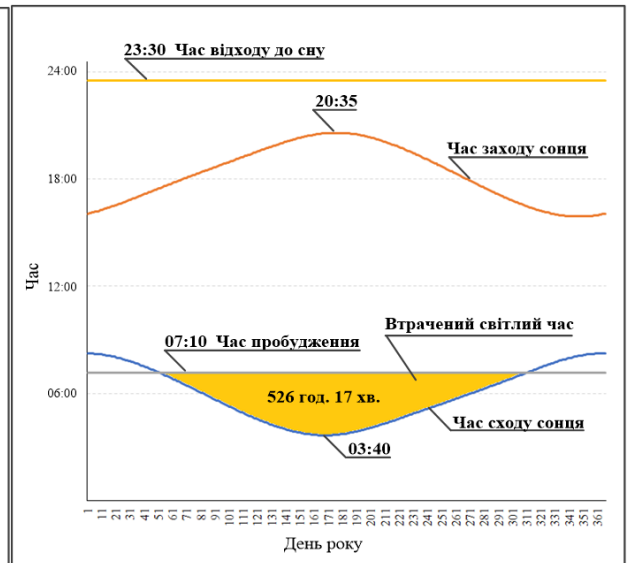


Рис. 5

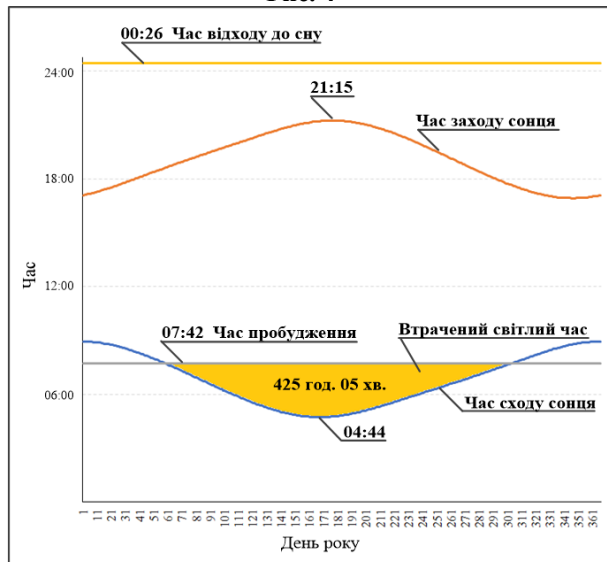


Рис. 6

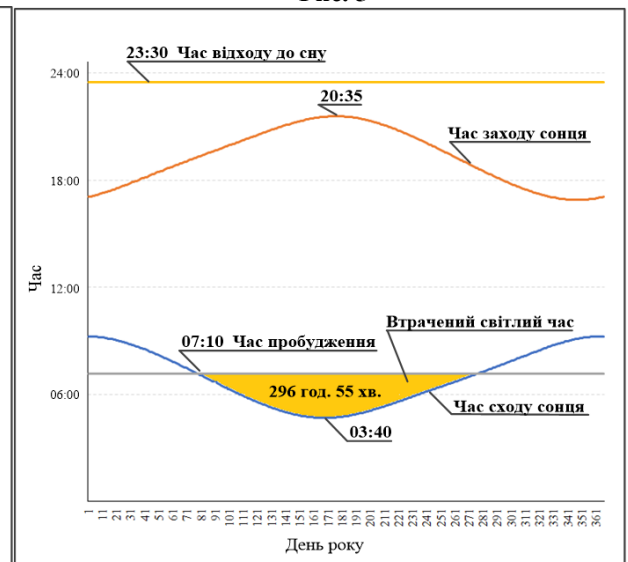


Рис. 7

Результати визначення втраченого світлого часу доби за рік за різних варіантах обчислення часу для Харкова, Києва, Львова, Софії, Афін, Берліну, Лондону та Барселони наведені у табл. 3.

Таблиця 3

№ з/п	Місто, країна	Втрачений світлий час доби за рік			
		При переході на літній та зимовий час	Тільки зимовий (поясний) час цілорічно	Тільки літній час цілорічно	Різниця між зимовим та літнім часом
1	Харків, Україна	624 год. 49 хв. / рік	834 год. 49 хв. / рік	513 год. 55 хв. / рік	320 год. 54 хв. / рік
2	Київ, Україна	493 год. 16 хв. / рік	703 год. 16 хв. / рік	425 год. 05хв. / рік	277 год. 32 хв. / рік
3	Львів, Україна	361 год. 31 хв. / рік	569 год. 18 хв. / рік	242 год. 23 хв. / рік	326 год. 55 хв. / рік
4	Софія, Болгарія	298 год. 05 хв. / рік	507 год. 02 хв. / рік	246 год. 04 хв. / рік	260 год. 58 хв. / рік
5	Афіни, Греція	293 год. 00 хв. / рік	503 год. 00 хв. / рік	223 год. 01 хв. / рік	279 год. 59 хв. / рік
6	Берлін, Німеччина	322 год. 29 хв. / рік	526 год. 17 хв. / рік	296 год. 55 хв. / рік	229 год. 22 хв. / рік
7	Лондон, Великобританія	338 год. 09 хв. / рік	542 год. 49 хв. / рік	306 год. 01 хв. / рік	236 год. 48 хв. / рік
8	Барселона, Іспанія	161 год. 54 хв. / рік	359 год. 50 хв. / рік	140 год. 35 хв. / рік	219 год. 15 хв. / рік

Аналіз табл. 3 показує, що в усіх розглянутих містах, незважаючи на їхнє географічне розташування в країні, найменші втрати світлого часу мають місце за постійного застосування літнього часу без переходу на зимовий. Різниця у втратах складає від 219 год. 15 хв. (Барселона, Іспанія) до 326 год. 55 хв. (Львів, Україна).

3. Розрахунок та порівняльний аналіз втрат електроенергії за рік. Задля оцінки обсягів втраченої електроенергії в залежності від різних варіантів обчислення часу зробимо припущення, що одна людина використовує електроенергії на освітлення щонайменше 6 Вт·год, що дорівнює спожитій електроенергії енергоощадної світлодіодної лампи класу енергоспоживання А згідно Директиви Європейського Союзу 2005/32/ЄС(2010).

Тоді споживання електроенергії за 1 годину загалом за країну визначається формулою

$$E_{\Sigma, 1h} = P_{1p} \cdot N_{pc} \cdot 1 \text{ hour},$$

де P_{1p} – потужність споживання електроенергії на освітлення однією людиною, щонайменше 6 W;
 N_{pc} – кількість населення країни.

Наприклад, за 1 годину в Україні на освітлення споживається:

$$6W \cdot 38.0 \text{ million person} \cdot 1 \text{ hour} = 228 \text{ MW} \cdot 1 \text{ hour}.$$

Тоді, скориставшись даними з табл. 3, отримаємо обсяги електроенергії, використані на освітлення загалом на країну внаслідок втрат світлого часу доби за рік за різних варіантах обчислення часу.

Орієнтовні показники мінімальних втрат електричної енергії на освітлення за рік за різних варіантах обчислення часу для окремих країн Європи наведено у табл. 4.

Таблиця 4

№ з/п	Країна	Кількість населення, млн.	Споживається населенням електроенергії на освітлення за 1 годину, МВт·год	Втрачена електрична енергія на освітлення за рік			
				При переході на літній та зимовий час, ГВт·год	Тільки зимовий (поясний) час цілорічно, ГВт·год	Тільки літній час цілорічно, ГВт·год	Різниця між зимовим та літнім часом, ГВт·год
1	Україна	38	228	112,5	160,3	96,9	63,4
2	Болгарія	6,5	39	11,6	19,7	9,6	10,2
3	Греція	10,4	62,4	20,1	31,4	13,9	17,5
4	Німеччина	83,8	502,8	162,2	264,6	149,3	115,3
5	Великобританія	67,0	402	135,9	218,2	123,0	95,2
6	Іспанія	47,8	286,8	46,4	103,2	40,3	62,9

Аналіз табл. 4 показує, що втрати електричної енергії на освітлення у разі постійного застосування літнього часу значно менше, ніж за постійного застосування зимового часу. Різниця у втратах в залежності від порядку обчислення часу складає від 10,2 ГВт·год (Болгарія) до 115,3 ГВт·год (Німеччина).

Розрахунок усередненої потужності споживання населенням електроенергії на освітлення в інтервал “часу втраченої електричної енергії на освітлення” та її відсоток від сумарної генеруючої потужності енергосистеми країн [12-18] наведено у табл. 5.

Таблиця 5

№ з/п	Країна	Усереднена потужність споживання населенням електроенергії на освітлення, ГВт	Сумарна генеруюча потужність енергосистеми країни, ГВт	Частка потужності на втрачену електроенергію від сумарної потужності генерації, %
1	Україна	0,228	11,435	1,99
2	Болгарія	0,039	12,668	0,31
3	Греція	0,062	15,0	0,41
4	Німеччина	0,503	267,9	0,19
5	Великобританія	0,402	74,8	0,54
6	Іспанія	0,287	124,0	0,23

Наскільки суттєві ці цифри? Наприклад, потужність більшості енергоблоків діючих на сьогодні атомних електростанцій складає по 1,0 ГВт кожний. За даними Національної енергетичної компанії «Укренерго» загальні втрати генерації електроенергії в Україні внаслідок бойових дій станом на 30 червня 2024 року орієнтовно складають 22,565 ГВт. Залишились теоретично вцілілими потужності, що генерують лише близько 11,435 ГВт. З них значна частина – сонячні електростанції. Вони не дають таких обсягів електроенергії взимку [18]. Це призводить до суттєвого дефіциту електроенергії та масових відключень. Тому втрати світлого часу особливо критичні у зимовий період.

4. Розрахунок та порівняльний аналіз вартості втраченої електроенергії за рік. Виходячи із вартості електричної енергії для домогосподарств Європейських країн (станом на червень 2024 року) [19], скориставшись даними з табл. 4, визначимо вартість втраченої електроенергії за рік за різних варіантах обчислення часу (табл. 6).

Таблиця 6

№ з/п	Країна	Вартість 1 kWh, €	Вартість електроенергії на освітлення, спожитої населенням за 1 годину, тис. €	Вартість втраченої електричної енергії на освітлення за рік, млн. €				
				У разі переходу на літній та зимовий час	Тільки зимовий (поясний) час цілорічно	Тільки літній час цілорічно	Різниця між цілорічними зимовим та літнім часом	Різниця між перехідним зимово-літнім та цілорічним літнім часом
1	Україна	0,1	22,8	11,25	16,03	9,69	6,34	1,56
2	Болгарія	0,12	4,68	1,392	2,364	1,152	1,212	0,24
3	Греція	0,22	13,728	4,422	6,908	3,058	3,85	1,384
4	Німеччина	0,42	211,176	68,124	111,132	62,706	48,426	5,418
5	Великобританія	0,43	172,86	58,437	93,826	52,89	40,936	5,547
6	Іспанія	0,23	65,964	10,672	23,736	9,269	14,467	1,403

Аналіз табл. 6 показує, що різниця у вартості втраченої електричної енергії у розглянутих країнах за постійного застосування зимового (поясного) та літнього часу складає від 1,212 млн. € (Болгарія) до 48,426 млн. € (Німеччина). Різниця у вартості у разі застосування перехідного зимово-літнього часу та цілорічного літнього часу складає від 0,24 млн. € (Болгарія) до 5,547 млн. € (Великобританія).

Висновки.

1. Розроблено методику розрахунку втрат світлого часу доби та втрат електричної енергії на освітлення за різних варіантах обчислення часу, що дає змогу обрати найбільш оптимальний варіант обчислення часу за критерієм максимального використання світлого часу доби більшістю населення країни. Наукова новизна методики полягає у поєднанні соціологічного та астрономічного аспектів досліджень.

2. Проведено розрахунок та порівняльний аналіз втрат світлого часу доби, електроенергії на освітлення, а також фінансових ресурсів у разі застосування існуючого переходу на літній час, запровадженні постійного літнього або постійного зимового часу для деяких європейських країн.

3. Аналіз втрат світлого часу доби в залежності від порядку обчислення часу свідчить, що найбільші втрати мають місце у разі цілорічного застосування зимового (поясного, стандартного) часу, середні показники – за щорічного переведення годинників на літній і зимовий час, а найменші втрати – за постійного застосування літнього часу. В розглянутих містах різниця у втратах між постійним зимовим і постійним літнім часом складає від 219 год. 15 хв. (Барселона, Іспанія) до 326 год. 55 хв. (Львів, Україна).

4. Різниця в показниках втрат світлого часу в залежності від обраного порядку обчислення часу настільки суттєва, що подальше уточнення показників та методів досліджень не має сенсу і не призведе до значної зміни результатів порівняльного аналізу втрат світлого часу доби.

5. Втрати світлого часу доби особливо критичні у зимовий період, тому що значну частину електрогенерації складають сонячні електростанції.

6. Ствердження прихильників постійного застосування поясного (зимового, стандартного) часу щодо несуттєвих втрат енергетичних ресурсів на освітлення не відповідає дійсності. Реальні проведені

розрахунки для визначених міст Європи показують, що втрати електроенергії на освітлення в залежності від порядку обчислення часу складають щонайменше від 840 Вт-год на людину за рік (Барселона, літній час цілорічно) до 5 кВт-год на людину за рік (Харків, зимовий (поясний) час цілорічно). В масштабах країни різниця у втратах між постійним зимовим і постійним літнім часом складає від 10,2 ГВт-год (Болгарія) до 115,3 ГВт-год (Німеччина).

7. Застосування цілорічно літнього часу дає змогу зробити світлий вечір більш довгим, що дозволить дітям більше часу проводити на вулиці, а іншим людям – більше часу займатися спортом, присадибним господарством, спілкуванням з природою. На одну годину можна буде збільшити проведення таких робіт, як будівництво, обслуговування техніки тощо.

8. Застосування зимового часу без переходу на літній призведе до більш довгого темного вечору, що змусить дітей повертатися зі школи в темряві, підвищить ризик від дорожніх пригод та небезпеку від криміналітету, буде негативно впливати на довкілля через збільшення витрат енергії на освітлення.

9. Методику рекомендовано використовувати у розрахунках під час визначення оптимального порядку обчислення часу у різних країнах світу та затвердження його на законодавчому рівні.

1. U.S. Senate approves bill to make daylight saving time permanent. URL: <https://www.reuters.com/world/us/us-senate-approves-bill-that-would-make-daylight-savings-time-permanent-2023-2022-03-15/> (accessed at 17.04.2024).
2. Trump calls for end to daylight saving time. URL: <https://www.reuters.com/world/us/trump-calls-end-daylight-saving-time-2024-12-13/> (accessed at 13.12.2024).
3. Experts ask political representatives to add the end of clock change in Europe in the UE Electoral Programmes. URL: <https://timeuse.barcelona/experts-ask-political-representatives-to-add-the-end-of-clock-change-in-europe-in-the-ue-electoral-programmes/> (accessed at 17.04.2024).
4. EU citizens feel time's up for changing clocks. URL: <https://www.dw.com/en/eu-citizens-feel-times-up-for-changing-clocks/a-45263664> (accessed at 18.04.2024).
5. State of the Union 2018: Commission proposes to put an end to seasonal clock changes. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_5709 (accessed at 18.04.2024).
6. Which countries get the best night's sleep? URL: <https://www.economist.com/graphic-detail/2023/09/08/which-countries-get-the-best-nights-sleep> (accessed at 18.04.2024).
7. Average bedtimes and wake-up times (weekday) by country. URL: https://www.reddit.com/r/europe/comments/16dkzw3/average_bedtimes_and_wakeup_times_weekday_by/?onetap_auto=true&one_tap=true (accessed at 19.04.2024).
8. Who gets up early... URL: <https://zib.com.ua/ru/137016.html> (accessed at 19.04.2024). (Ukr)
9. How You Sleep Depends on Where You Live. URL: <https://time.com/4318156/sleep-countries-style/> (accessed at 14.05.2024).
10. Velychko O.M., Shevkun S.M., Dobroliubova M.V. Actual issues of time calculation on the territory of Ukraine. Proc. Ukrainian Scientific and Technical Conference of *Young Scientists in the Area of Metrology Technical Using of Measurement*, Slavske, Ukraine, February 13-18, 2018. Pp. 127-129. (Ukr)
11. Dobroliubova M.V., Shevkun S.M. Regarding the procedure for calculating time on the territory of Ukraine. Proc. XX International scientific and technical conference *Instrument making: state and prospect*, Kyiv, Ukraine, 18-19 May 2021. Pp. 210-212. (Ukr)
12. Bulgaria – Power Generation. URL: <https://www.privacyshield.gov/ps/article?id=Bulgaria-Power-Generation-Oil-and-Gas-Renewable-Sources-of-Energy-and-Energy-Efficiency#:~:text=Bulgaria%20has%2012%20C668%20MW%20of.meet%20and%20exceed%20domestic%20demand> (accessed at 21.10.2024).
13. Sources of large-scale energy capacity installed in Greece in 2024. URL: <https://www.statista.com/statistics/1153672/installed-power-capacity-greece-by-source/> (accessed at 19.09.2024).
14. Power plant list. URL: <https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Energy/SecurityOfSupply/GeneratingCapacity/PowerPlantList/start.html> (accessed at 19.06.2024).
15. Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2024. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2024> (accessed at 05.08.2024).
16. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/1002759/installed-power-capacity-in-spain/> (accessed at 10.10.2024).
17. The Washington Post. Russia destroyed Ukraine's energy sector, so it's being rebuilt green. URL: <https://www.washingtonpost.com/world/2024/07/05/ukraine-green-power-rebuild-energy/> (accessed at 18.11.2024).
18. About the state of Ukraine's power generation in wartime conditions and priority steps in communities to strengthen their resilience. URL: <https://www.csi.org.ua/news/pro-stan-elektrogeneraciyi-ukrayiny-v-umovah-vijny-ta-pershochergovi-kroky-u-gromadah-stosovno-posylennya-yih->

[stijkosti/#:~:text=%D0%A2%D0%B0%D0%BA%2C%20%D0%B7%D0%B0%20%D0%B4%D0%B0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%9D%D0%95%D0%9A%20%E2%80%9C%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE,%D1%89%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%BE%20%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BC%2034%20%D0%93%D0%92%D1%82. \(accessed at 01.07.2024\). \(Ukr\)](#)

19. Electricity prices for household consumers, second half 2023 V 2. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Electricity_prices_for_household_consumers,_second_half_2023_V_2.png (accessed at 17.05.2024).

COMPARATIVE ANALYSIS OF DAYLIGHT TIME LOSSES AND ELECTRICAL ENERGY LOSSES WHEN TRANSITION TO PERMANENT WINTER OR SUMMER TIME

Iu.V. Kuzmenko^{1*}, S.M. Shevkun^{1**}, M.V. Dobroliubova^{2***}, O.V. Statsenko^{2****}, M.S. Shevkun³

¹ State Enterprise "All-Ukrainian State Scientific-and-Production Centre for Standardization, Metrology, Certification and Protection of Consumer",
4, Metrologichna str., Kyiv, Ukraine, 03143.

² National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
37, Beresteyskyi Ave., Kyiv, 03056, Ukraine.

³ Perfect Computer Solutions LLC,
US, 12561, New York, New Paltz, 22 N Oakwood Terrace.

E-mail: jkuzmenko@ukrcsm.kiev.ua; shevkun@ukrcsm.kiev.ua; m.v.dobroliubova@gmail.com;
o.statsenko@kpi.ua; mshevkun.dev@gmail.com.

Recently, the discussion on the feasibility of the annual transition to summer and winter time has significantly intensified in the society of many countries in the world. Considering a certain discomfort from daylight-saving, the most people suggest to abandon it. But there is no final reasoned decision on permanent time: winter (zone, standard) or summer time. Daylight-saving was introduced to save electricity, but currently there are no accurate calculations to confirm it. The article is devoted to solving the urgent problem of determining the most effective order of calculating time for more complete use of sunlight and, accordingly, to reduce the electrical energy losses for lighting in the life of modern world society. The purpose of the study is to develop a technique for precise calculating the lost daylight hours and electrical energy losses for lighting in different countries of the world under different time calculation scenarios – when applying the transition to summer time; when refusing summer time and final introducing winter (zone, standard) time; when applying permanent summer time. The article presents the main arguments of supporters and opponents of the introduction of permanent winter and summer time. The calculation and comparative analysis of the losses of daylight hours and, as a result, the losses of electrical energy for lighting per year have been carried out under different time calculation options. The approximate cost of electrical energy losses for lighting under different time calculation options for some European countries has been calculated. To increase the accuracy of the calculations, the sociological aspect of the study was considered in combination with the astronomical one. The developed technique is recommended to be used in calculations when determining the optimal order of time calculation in different countries of the world for its introduction at the international or national legislative level. The application of the technique will allow saving significant quantity of electricity during the evening peak energy consumption, that will contribute to the stability of the country's energy system and preservation of the fuel and financial resources. References 19, figures 7, tables 6.

Keywords: electrical energy losses, loss of daylight hours, winter time, summer time, daylight hours, daylight-saving, standard time, zone time.

Надійшла 14.01.2025

Прийнята 25.03.2025