

ЗАЯВА

Я, Яворський Микола Миколайович
(ПІБ повністю)

Студент групи 8-Інтер

Спеціальності 273 Залізничний транспорт
(код та назва спеціальності)

освітньої програми Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті
(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

«Дослідження і перевірка освітленості пасажирських вагонів з
врахуванням вимог інтероперабельності» виконана самостійно і в ній не
міститься елементів плагіату.

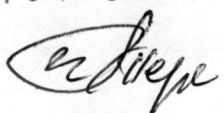
Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні
посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних
випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних
запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з якими виявлення плагіату
є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до
захисту.

Дата 10.12.2021

Підпис 

Керівник 

Підпис

Сорісі Терешак
(ПІБ керівника)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент  Рейдемейстер О. Г.

(вчене звання, ступінь) (підпис) (ПБ)

«20» 12 2021 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
на отримання ОКР «магістр»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Освітня програма «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Тема ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРЕВІРКА ОСВІТЛЕНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ
ВАГОНІВ З ВРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Виконав:



(підпис)

Яворський М.М.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник:

к.т.н.

(вчене звання, ступінь)



(підпис)

Терещак Ю.В.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Львів-Дніпро
2021

0031.206532.ДМР.2021.001

Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
-------	---------	--------	------

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент _____ Рейдемейстер О. Г.

(вчене звання, ступінь) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2021 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

на отримання ОКР «магістр»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Освітня програма «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Тема **ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРЕВІРКА ОСВІТЛЕНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ
ВАГОНІВ З ВРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ**

Виконав:

Яворський М.М.

(підпис)

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник:

к.т.н.

(вчене звання, ступінь)

(підпис)

Терещак Ю.В.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Львів-Дніпро

2021

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідувач кафедру:

К.Т.Н., доцент _____ Рейдемейстер О. Г.
(вч. звання, ступінь) (підпис) (ПБ)

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Яворський М.М.
(ПБ)

1. Тема роботи Дослідження і перевірка освітленості пасажирських вагонів з врахуванням вимог інтеперабельності

затверджено наказом по університету _____ №166ст від «09» квітня 2021р.

2. Термін подачі студентом закінченої роботи «10» грудня 2021 р.

3. Вихідні дані для роботи Нормативно – технічна документація, Директиви ЄС щодо залізничного транспорту, санітарно-гігієнічні вимоги до рухомого складу технічні характеристики світильників, ламп та правові акти в сфері залізничного рухомого складу,

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Об'єм, %	Рекомендована кількість слайдів
Аналіз наукових робіт пов'язаних з розрахунком параметрів та методами досліджень освітлення рухомого складу	25	4
Загальна характеристика методів визначення, розрахунку та основних параметрів та показників освітлення приміщень пасажирських вагонів	25	2
Аналіз нормативної документація України, Росії та країн ЄС що стосується норм освітлення та їх розрахунку	35	4
Експериментальні дослідження, вимірювання та аналіз освітленості приміщень пасажирських вагонів з урахуванням вимог інтеперабельності	15	2

Студент

Яворський М.М.

Науковий керівник

Терещак Ю.В.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк. 2
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ

КВР	Капітально відновний ремонт
EN	Європейська норма
ЄС	Європейський Союз
ТСІ	Технічні специфікації інтероперабельності
ЛН	Люмен
ЛК	Люкс
ОСТ	Галузевий стандарт
ТУ	Технічні умови
ДСТУ	Державний стандарт України
UIC	Міжнародна спілка залізниць (МСЗ)

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗРАХУНКОМ ПАРАМЕТРІВ ТА МЕТОДАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСВІТЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ	9
1.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	9
1.2 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ	10
1.3 АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗРАХУНКОМ ПАРАМЕТРІВ ТА МЕТОДАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСВІТЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ	31
1.4 ВИСНОВКИ	40
2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ, РОЗРАХУНКУ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ	41
2.1 ПАРАМЕТРИ, ПОКАЗНИКИ ТА ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСІТЛЕНОСТІ ПРИМІЩЕНЬ ВАГОНА	41
2.2 ТИПИ ТА ВИДИ ОСВІТЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ	54
2.3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ	56
2.4 ВИСНОВКИ	66
3. АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЯ УКРАЇНИ, РОСІЇ ТА КРАЇН ЄС ЩО СТОСУЄТЬСЯ НОРМ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЇХ РОЗРАХУНКУ	68
3.1 НОРМАТИВНА ДОКУМЕНТАЦІЯ УКРАЇНИ	68
3.2 НОРМАТИВНА ДОКУМЕНТАЦІЯ КРАЇН ТАМОЖНОГО СОЮЗУ	75
3.3 НОРМАТИВНА ДОКУМЕНТАЦІЯ КРАЇН ЄС	79
3.4 НОРМАТИВНА ДОКУМЕНТАЦІЯ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ .	82
3.5 ВИСНОВКИ	91

0031.206532.ДМР.2021.001				
Вим	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
	Розробив	Яворський .М.М		
	Перевірив	Терещак Ю.В.		
	Н. контр.			
	Затвердив	Рейдемейстер О.Г.		
Дослідження і перевірка освітленості пасажирських вагонів з врахуванням вимог інтероперабельності				
		Літ	Аркуш	Аркушів
		У	4	118
гр. 8-Інтер				

4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРИМІЩЕНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ	92
4.1 Загальні положення та характеристики	92
4.2 Вимірювання в вагонах побудови КВБЗ	95
4.3 Вимірювання в вагонах побудови ТВБЗ	97
4.4 Вимірювання в вагонах після проведення КВР	100
4.5 Порівняння вимірних параметрів відповідно до вимог ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ	102
4.6 Висновки	107
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	108
БІБЛІОГРАФІЯ.....	110
СПИСОК РИСУНКІВ	114
СПИСОК ТАБЛИЦЬ	116
АНОТАЦІЯ І КЛЮЧОВІ СЛОВА.....	117

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Стратегічним напрямком програм розвитку залізничного транспорту в області пасажирського вагонобудування при курсуванні в міжнародному сполученні є проектування та впровадження в експлуатацію пасажирських вагонів нового покоління, що мають відрізнитись високими показниками економічної ефективності використання, зменшення матеріальних вкладень при експлуатації, підвищенням життєвого циклу, підвищення комфортності, дотримання більш жорстких санітарно-гігієнічних вимог, а також модернізація існуючого парку вагонів відповідно до новітніх технологій та вимог інтеперабельності.

Також є дуже важливим напрямком у діяльності підвищення ефективності та конкурентоздатності на ринку послуг перевезень з підвищення комфортності та безпеки для пасажирів. Комфортність пасажирів в багато чому залежить від освітлення як внутрішнього та і зовнішнього.

Для освітлення пасажирських вагонів на даний час застосовують як правило три види джерел штучного освітлення : лампи розжарювання, люмінесцентні лампи та світлодіодні лампи.

Перші дві вже існують досить давно і є дослідженими, а треті – світлодіодні лампи - є новими на ринку залізничної техніки, і тому потрібно дослідити досвід, технічні параметри та можливість застосування на сучасних пасажирських вагонах та вагонах які проходять КВР.

Якщо брати оцінку Міжнародного енергетичного агентства близько то в цілому світі 19...21 % усієї споживаної у світі електроенергії витрачається на освітлення. Сучасні світлові технології у вигляді світлодіодних ламп допомагають економити до 40% споживаної електроенергії, що у світовому масштабі еквівалентно 106 млрд євро на рік. З екологічної точки зору це відповідає скорочення викидів в атмосферу вуглекислого газу на 555 млн т на рік, щорічне заощадження 2 ТВт електроенергії та економії 1,5 млрд барелів нафти.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		6

На вагонах на освітлення використовують 5-10% всієї електроенергії, що виробляється- споживається усіма споживачами.

Але поряд виникають питання гігієнічних вимог до самих ламп, впливу на живі організми, працездатність людей (пасажирів та обслуговуючого персоналу), безпеку руху та інші.

Вказані вище параметри можна вирішити, шляхом дослідження директив ЄС, нормативно – технічної документації як країн ЄС так і України, розробки уніфікованих вузлів, деталей, нанесення знаків, покриття поверхонь приміщень, застосування уніфікованих світильників, ламп) проведенням випробувань та вимірювань з можливістю подальшого застосування їх та вагонів в цілому як на залізницях України так і Європи.

Актуальність запропонованої теми випускної магістерської роботи обумовлена необхідністю вирішення проблем, що виникають у конструкції електронних частин вагонів (освітлювальні прилади та джерела), підвищення надійності вагонів, підвищення міжремонтних пробігів, зменшення витрат на утримання та ремонт, підвищення технологічності під час ремонту наступних у міждержавному сполученні та дорогами України.

Метою дослідження був аналіз та дослідження освітленості приміщень пасажирських вагонів при побудові та проведенні КВР відповідно до технічних характеристик, вимог нормативно - технічної документації та нормативно – правових актів як в Україні та і за її межами з метою забезпечення та дотримання вимог інтегрованості до пасажирських вагонів.

Предметом дослідження вузли та елементи систем електрообладнання (системи освітлення) пасажирських вагонів власності АТ «Українські залізниці», що курсують залізницями країн ЄС та України.

Об'єктом дослідження є вимоги до освітлення приміщень пасажирських вагонів власності України, а також інших країн відповідно до вимог директив ЄС та нормативних документів України.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

Таким чином, виконавши цю роботу можна зробити висновки про напрямки, вимоги та роботи, що ставляться до освітлення пасажирських вагонів та тенденцій розвитку систем освітлення відповідно до вимог Директив ЄС, EN, технічного регламенту та вимог TSI PAS&LOC з урахуванням вимог інтероперабельності.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗРАХУНКОМ ПАРАМЕТРІВ ТА МЕТОДАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСВІТЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1 Загальні положення

У перші роки залізниць пасажирські вагони взагалі практично не освітлювалися. Потім для освітлення стали використовувати стеаринові свічки, масляні та газові лампи. При застосуванні таких освітлювальних приладів світло від них виходило досить тьмяне. Експлуатація таких освітлювальних пристроїв вимагала постійної заміни свічок, так як свічки швидко згоряли, а масло і гас доводилося постійно доливати до освітлювальних ламп.

Далі історичний розвиток освітлення мав наступний етап, який приблизно з 1910 року пасажирські вагони стали освітлювати за допомогою світильного (добувного в кам'яновугільних шахтах) або масляного газу. Він зберігався у балонах, розміщених під вагоном. Якість (яскравість) світла помітно покращала, але використовувати газ було досить небезпечно, як і в попередньому етапі, при якому використовували свічки і лампи, так як неодноразово виникали пожежі, у яких гинули люди. Такі великі пожежі - аварії були, наприклад, у Москві та німецькому Штраусберзі [2].

Тому із 30-х років минулого століття газове освітлення поступово почали замінювати на електричне за рахунок розвитку технологій (винайдення ламп розжарювання та акумуляторів). Джерелами електроенергії для ламп розжарювання були великогабаритні та важкі акумулятори. Іншим варіантом були спеціальні динамомашини, які приводились в дію (працювали) від вагонної осі. Істотним недоліком таких систем освітлення було відключення освітлення у вагонах під час зупинок.

Сучасні автономні системи електроосвітлення виникли і почали впроваджуватися лише у 50- 60-х роках 20-го століття.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		9

Дані системи передбачали паралельне живлення системи освітлення як через індивідуальну систему електропостачання (генератор, акумуляторна батарея), так і через централізовану систему електрозабезпечення.

Поряд з цим із розвитком техніки в освітлювальну систему почали входити газорозрядні лампи (люмінесцентні), які по ефективності є більш кращими від ламп розжарювання. Але тут виникають питання впливу на живі організми та безпеку руху. Дослідивши дані роботи та впливу люмінесцентних ламп було зроблено висновки

1.2 Історія розвитку освітлювальних джерел

Відповідно до еволюції розвитку освітлення за допомогою електрики на даний момент є наступні види джерел освітлення;

- лампи розжарювання;
- люмінесцентні лампи (газорозрядні);
- світлодіодні (напівпровідникові) лампи.

Лампи розжарювання

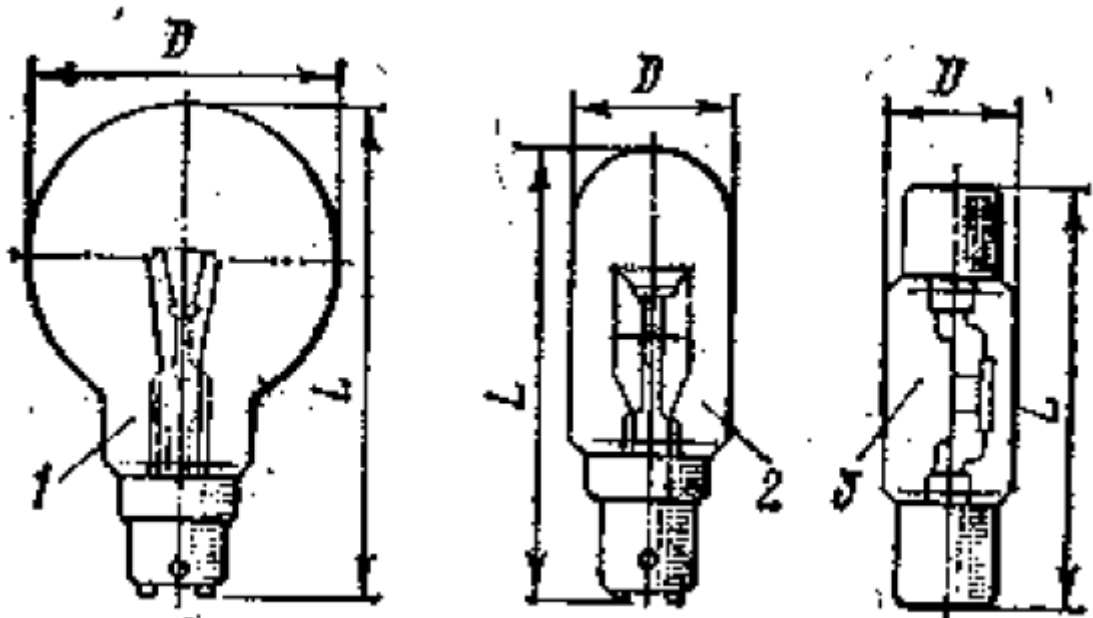
Для пасажирських вагонів промисловість випускає лампи розжарювання з штифтовими цоколями. Така практика застосування штифтового з'єднання обумовлена для пристроїв які постійно перебувають в динамічних навантаженнях і існує ймовірність відкручування, втрата контакту та відповідно нерівномірна робота джерела освітлення. Для пасажирських вагонів дані лампи поставляються з цоколями 2Ш-22-2 та СФ-19.

В лампі розжарювання джерело світла діє за принципом теплового випромінювання. У лампах малої потужності повітря з балона видаляють (вакуумні лампи), а потужністю 60 Вт і вище після відкачування повітря балон заповнюють газами (сумішшю аргону з азотом, криптоном чи ксеноном), що не вступають у хімічну взаємодію з розпеченим вольфрамом нитки лампи. Це обмежує розпилення нитки лампи і сприяє збільшенню терміну її служби. Лампи

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		10

розжарювання для пасажирських вагонів мають понижену напругу, що також пов'язано з вібраціями та трясками під час руху.

За формою колби залізничні лампи розжарювання розділяються на кульові 1, пальцеподібні 2, циліндричні (софітні) 3 (рисунки 1).



1,2 – штифтові лампи; 3 - софітна

Рисунок 1 – Типи ламп розжарювання



Рисунок 2 – Загальний вид залізничних ламп розжарювання

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

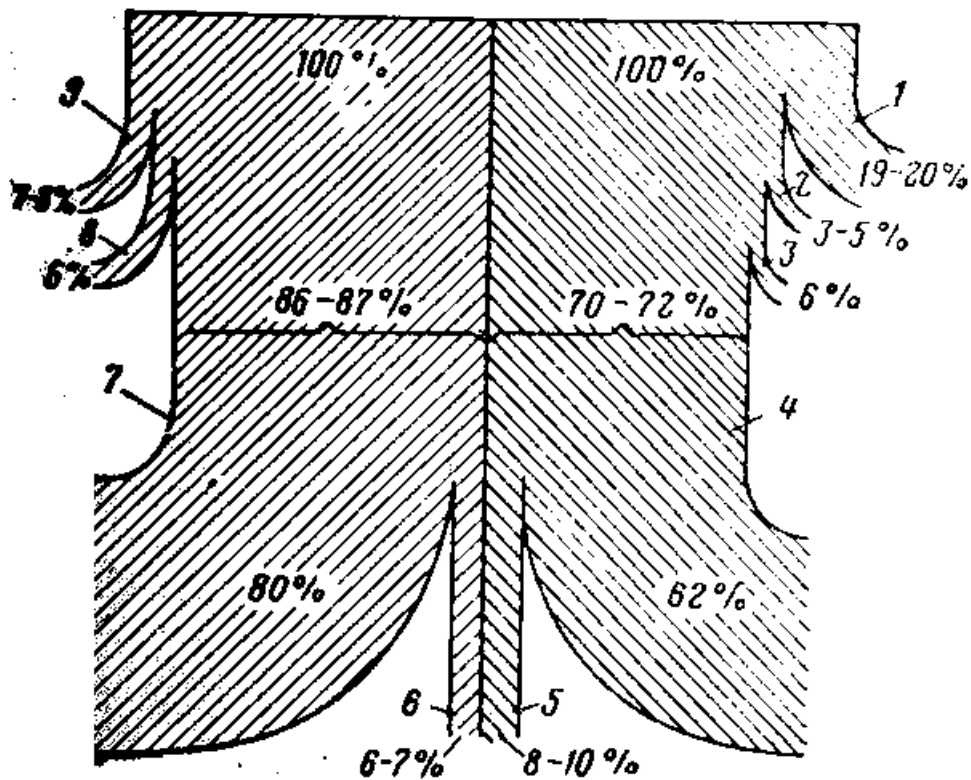
0031.206532.ДМР.2021.001

Арк.

11

повинна відхилятися від номінального значення більш ніж на $\pm 5\%$, що є прописаним у вимогах до експлуатації до освітлювальних приладів.

Якщо подивитись баланс електроенергії ламп розжарювання з відкачаним повітрям та інертним газом (рисунок 4), то можна зробити висновок що 60-80% всієї електроенергії яка підводиться до лампи йде на нагрів.



а) з викачаним повітрям; б) з інертним газом

1- втрати в газі; 2 та 9 – охолодження в цоколях; 3 і 8 – втрати в колбі; 4 і 7 – тепло що випромінюється; 5 і 6 – випромінювана енергія (світло)

Рисунок 4 – Баланс електроенергії ламп розжарювання

Також на ринку (особливо автомобілебудуванні) застосовують ще наступні види ламп розжарювання : криптонові та біспіральні лампи (галогенні).

Такі лампи розжарювання мають підвищені характеристики(світловий потік), але все ж лампи розжарювання в цілому стрімко йдуть в минуле через переважання недоліків над перевагами.

Переваги та недоліки ламп розжарювання:

плюси: дуже низька ціна лампочки, невибагливість до джерел світла (працює практично від усіх видів та напруг).

мінуси: тільки жовтий тон світла, недовгий термін роботи, крихкість, нагрів (максимум 30% споживаної енергії йде на освітлення), дуже енерговитратних, перегорають при перепадах електроенергії.

Галогенні лампи часто використовуються для локальної підсвічування за рахунок своєї яскравості і природного тону світла. Багато галогенних ламп мають спеціальний контактний цоколь, що вимагає покупки спеціальних світильників та бояться контакту з руками монтажників та мастила, при малому контакті зразу ж виходять з ладу.

плюси: продовжений в порівнянні зі звичайними лампочками термін служби, 2 тони світла (жовтий і білий), підвищена яскравість, велика різноманітність форм і концентрації світла дозволяє досягати різних декоративних ефектів, прийнятна ціна

мінуси: дуже швидко нагріваються (швидко згорають в підвісній стелі і замкнутих просторах), встановлюються тільки в рукавичках, тому що не переносять контакту з жиром, високе енергоспоживання, чутливі до перепадів напруги.

Люмінесцентні лампи

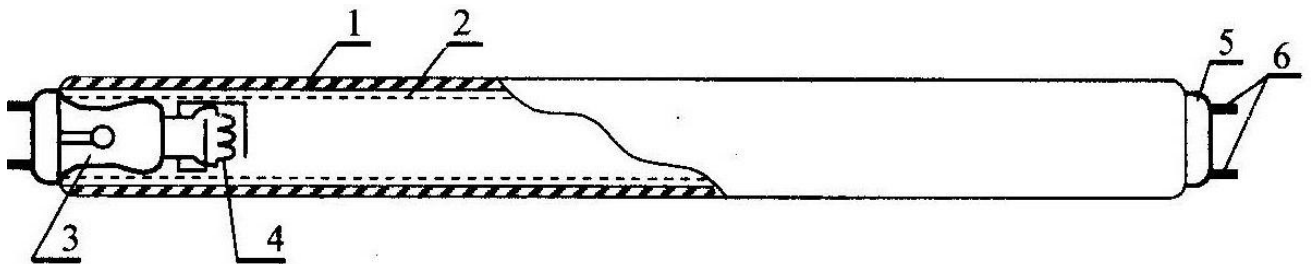
На сьогоднішньому етапі пасажирського вагонобудування промисловістю випускається дуже велика кількість люмінесцентних ламп та готових світильників.

Для освітлення вагонів широко застосовують люмінесцентні лампи, що мають у порівнянні з лампами розжарювання ряд переваг та недоліків.

Люмінесцентна лампа являє собою джерело світла, у якому випромінювання створюється в результаті дугового розряду в колбі лампи, заповненої парами ртуті в спектр видимого або невидимого світла.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

Люмінесцентна лампа (рис. 5) трансформує електромагнітне випромінювання однієї довжини хвилі в інше, зазвичай — більш довгохвильове (наприклад, невидимий ультрафіолет, який був утворений при газорозрядному ефекті всередині лампи — в будь-який відтінок видимого світла або взагалі інфрачервоного світла). Ефективність цього перетворення характеризується ККД люмінофора: ставлення числа згенерованих квантів до загальної кількості поглинених квантів. На пасажирських вагонах в більшості використовують газорозрядні лампи низького тиску.



1 трубка- колба; 2 – шар люмінофору; 3 - ніжка ; 4 - розжарювальна нитка;
5 - цоколь; 6 - вивідні штирі.

Рисунок 5 – Будова люмінесцентної лампи

Під час роботи люмінесцентної лампи низького тиску між двома електродами, що розташовані на протилежних кінцях лампи де розташовані нитки розжарення, виникає електричний струм при зміні полярностей та, як наслідок виникає дуговий розряд. У лампі, яка заповнена парами ртуті, змінний струм призводить до появи УФ-випромінення внаслідок вибивання молекул ртуті з орбіт атомами металу (вольфраму) з чого зроблені нитки розжарування. Це випромінення невидиме для людського ока, тому його перетворюють на видиме світло за допомогою явища люмінесценції (випромінення енергії при вибитті атомів ртуті на шар люмінофору). Для цього внутрішні стінки лампи покриті спеціальною речовиною — люмінофором, що поглинає УФ-випромінювання і випромінює видиме світло. Змінюючи склад люмінофора, можна змінювати відтінок одержаного світла.

						0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			15

У безстартерній схемі загоряння (рис. 8), як обмежувач струму використовують спеціальний дросель L, а попередній підігрів електродів перед запуском здійснюють трансформатором ТН. Трансформатор має вторинні обмотки 1 і 2, які з'єднуються таким чином, щоб їхня напруга складалася (сумувалась) з напругою, що подається на первинну обмотку 3 трансформатора. Струм, проходячи через електроди лампи, нагріває їх до відповідної температури, і при відповідній напрузі між електродами проходить процес загоряння лампи. Після загоряння через дросель почне проходити робочий струм, який створює на ньому падіння напруги. Тому напруга на первинній обмотці трансформатора зменшується приблизно в 2 рази, що приводить до відповідного зниження напруги і струму розжарювання.

Також люмінесцентні лампи можуть мати різну кольоропередачу.

Зазвичай перед вибором люмінесцентних енергозберігаючих ламп для вагона, рекомендується звертати увагу на колірний спектр і світлову температуру лампочки. Потрібно звертати увагу на вимоги в [4-6]. Для того щоб освітлення в було комфортним для очей, слід правильно підбирати виріб (лампу або світильник). Слід брати до уваги, що занадто тьмяне світло або занадто яскравий, може неабияк посадити зір а також внести дискомфортні умови перебування пасажирів.

За показником кольору випромінювання люмінесцентні ламп компактного типу, їх можна поділити на такі три типи (рисунок 9):

1. За допомогою першого типу можна отримати теплий і досить м'яке світло жовто-білого відтінку. Можна порекомендувати його на кухню, в купе (нічне освітлення), але для робочої обстановки він може викликати дискомфортний відчуття. Колірна температура таких типів ламп в межах 2700К.

2. Другий тип колірного випромінювання переважно надає тепле біле світло. Вважають, що даний вид виробу (лампи) є найбільш наближений до звичайної лампи розжарювання. Відмінний варіант для освітлення коридорів, службового

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		18

купе та купе не в нічну пору часу (не при спанні). Колірна температура 4000-4200К.

3. До третього типу по кольоропередачі можна віднести лампи, які знаходяться в білому холодному спектрі. З їх допомогою в будь-якому приміщенні можна за лічені секунди забезпечити холодне освітлення блакитного відтінку. Добре підходить для офісних приміщень коридорів, туалетів але ось на кухні і купе викликати дискомфорт очей. Колірна температура 6400К.



Рисунок 9 – Поділ ламп за показником кольору випромінювання

Застосування люмінесцентних ламп замість ламп розжарювання дозволяє при тій же встановленій потужності отримати значно більшу освітленість приміщення.

Так, наприклад, для одержання світлового потоку, який випромінюється однією люмінесцентною лампою ЛБ-40 потужністю 40 Вт, потрібно було б шість ламп розжарювання типу Ж-54-40 загальною потужністю 240 Вт.

Люмінесцентні лампи мають меншу чутливість до коливань напруги. Зміна на 1% напруги U мережі, що живить люмінесцентні лампи, викликає зміну світлового потоку Φ на 1-1,5 %, терміну служби T на 1,5-3 %. У ламп розжарювання ці значення складають відповідно 3,7 і 6 %. Однак при зниженні

напруги живлення на 10 % і більш номінальної люмінесцентні лампи починають горіти нестійко і при подальшому зниженні можуть згаснути.

Підсумовуючи вище написане можна зробити висновки що люмінісцентні лампи мають ряд переваг та недоліків.

Основні переваги це:

- більш висока світлова віддача (65-75 лм/Вт у люмінесцентних ламп і 7-22 лм/Вт у ламп розжарювання);
- більший термін служби (відповідно – 10 тис. і 1-2 тис. год). Реально він набагато менший,
- кращий спектральний склад світла;
- більш рівномірний світлорозподіл за рахунок подовженої форми лампи.
- менше нагрівання, що теж допомагає берегти енергію;
- велика популярність, різноманітність форм, розмірів, типів цоколя.

Недоліки люмінесцентних ламп:

- при частих комутаціях сильно скорочується термін служби ламп, тому застосовувати такі лампи краще в приміщеннях, в яких вони без виключення стануть довго працювати;
- характерне дзижчання при роботі(високочастотні звукові випромінювання), що призводить до дискомфорту;
- під час включення запалювання лампи гальмується на кілька секунд;
- лампа випромінює неприродний, часто неприємний для зору світло, що викликає стомлення. Подібну світло також має погану передачу кольору — колористика предметів змінюється, що не відповідає реальним кольорам;
- нестійкість до перепадів напруги;
- велика токсичність та погана екологічність — лампи заповнюються газами небезпечні для здоров'я і здатні викликати отруєння. Якщо лампа руйнується (тріскає або перегоряє) то таку лампу утилізувати, як зазвичай, не можна або вартість висока. В Україні проблема утилізації шкідливих відходів занадто мало акцентується і відповідно йде забруднення екології.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20

- погана сумісність зі світлорегулюючими пристроями (диммерами). Для монтажу до люмінесцентної лампи підсвічування буде потрібно установка додаткового обладнання та провідників.

- вартість вища від лампи розжарювання в декілька разів.

- лампа може вийти з ладу внаслідок подання на високих по силі струмів.

- важкість загоряння при низьких температурах;

- виникнення стобоефекту при застосуванні частоти живлення низької та застосуванні стартерних схем запуску;

- необхідність спеціальної пускової апаратури в порівнянні з лампами розжарювання.

Світлодіодні лампи

Традиційна LED-лампа складається з чотирьох основних частин [7], яку зображено на рисунку 10:

Колба з розсіювачем. На відміну від колб ламп розжарювання і люмінесцентних ламп, вона не б'ється, оскільки зроблена з пластику, а не скла. Тож, при падінні не доведеться збирати уламки скла по всій підлозі або виготовляють із спеціального удароміцного пластику. Також така лампа практично не нагрівається, але це відбувається на завжди. Тому охолодженню лампи слід приділяти велику увагу, так як від температури світлодіодів залежить їхній стан переходу, а отже і світлотехнічні параметри (інтенсивність випромінювання та інші). Колба буває двох видів: матова і прозора. При виборі світлодіодної лампи, варто віддати перевагу пристрою з матовою колбою за умови що відсутній світильник в якого може бути передбачено плафон. Даний тип колби призначений для рівномірного розсіювання світла по всій площі приміщення. Колба, виконана з прозорого скла, призначена тільки для декоративного освітлення.

Плата зі світлодіодами. 90% тепла, що випромінюється світлодіодами, припадає на плату. Тому, важливо, щоб вона була з алюмінієвою підкладкою. На

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		21

сторону, яка розташована біля радіатора, наноситься термопаста, яка запобігає його нагріванню.

У світлодіодних лампах можуть використовуватися три типи світлодіодів:

DIP світлодіоди. Кріпляться на плату за допомогою наскрізних отворів на платі. Мають доволі низьку світловіддачу.

SMD світлодіоди напаяні безпосередньо на поверхню плати. Такі діоди відрізняються високою світловіддачею, в порівнянні з DIP світлодіодами. На сьогоднішній день найбільш поширеним видом є SMD світлодіоди.

COB світлодіоди. Кристали напаяються на плату та покриваються спільним шаром люмінофору. Це дозволяє виробляти лампи малих розмірів, та забезпечує відведення тепла.



Рисунок 10 – Загальна будова LED-лампи

Драйвер — це один з основних елементів світлодіодних ламп. Завдяки йому, струм передається в джерело живлення. Драйвер впливає на якість, кількість світла, а також на ресурс роботи лампи. Драйвер запобігає пульсації, а отже світлодіодні лампи не мерехтять. Завдяки йому наші очі не втомлюються від штучного освітлення. Також, завдяки цьому пристрою, лампи можуть так довго

світити навіть при перепадах напруги. Драйвер стабілізує струм і запобігає передчасному перегоранню лампи.

Корпус лампи з цоколем. Основна задача корпусу лампи – вмістити усі внутрішні елементи та організувати якісне відведення тепла. У ранніх моделях LED-ламп використовувалися дуже складні конструкції корпусу (баласту). Вони були виконані з масивного алюмінію у вигляді радіаторів, що дозволяло дуже ефективно відводити тепло, яке випромінюється елементами драйвера і світлодіодами, але при цьому дуже їх здорожувало. Згодом виробники знайшли компромісне рішення: поєднання тонкостінного алюмінієвого стакану з термопластиком. Ця пара цілком справляється із завданням тепловідведення при відносній дешевизні конструкції, що зробило світлодіодну лампу доступнішою за ціною. Всі елементи драйвера розташовуються усередині стакану. Він з одного кінця закритий цоколем, а з іншого — алюмінієвою пластиною, на якій розташовані світлодіоди. Іноді на цій же пластині розташовують елементи драйвера. Найчастіше використовують три рішення, що дозволяють ефективно відводити тепло від пластини зі світлодіодами на стакан: термоклей; поєднання гвинтів і термоклею, що забезпечує щільний контакт; використання пластини з «спідничкою», яка запресовується в стакан. Це забезпечує лампам хороше відведення тепла, що позитивно впливає на термін служби пристрою. Цоколь – це частина лампи, за допомогою якої пристрій прикріплюється до патрона люстри. Як і в інших джерелах освітлення, цоколь в світлодіодних лампах має різноманітність видів: від E14 і E27, які найчастіше використовують у побуті, до MR, які застосовуються для точкового освітлення.

Типи колб світлодіодних ламп

Лампочки бувають різних форм [8]. Правильна форма може ,раціонально встановити та забезпечити відповідно освітленість того чи іншого приміщення, поверхні.

Існують наступні типи колб:

1. Лампи грушоподібної форми;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		23

2. Лампи в формі свічки;
3. Лампа у формі свічки на вітрі;
4. Лампи в формі грибка;
5. Лампочки зі світловідбиваючою поверхнею;
6. Лампи “спот”;
7. Лампи Globe;
8. Лампи трубчасті;
9. Високопотужні лампи або промислові;
10. лампи у вигляді стрічки або кабелю.

Лампи грушоподібної форми (A, Arbitrary)

Це класична форма, про яку думає більшість людей, представляючи лампочку. Лампи відомі як лампи загального призначення або стандартні лампи. Ці лампочки зазвичай доступні як з байонетним (B22), так і з гвинтовим (E27, E14) цоколем і мають широкий спектр застосування.



Рисунок 11 – Загальний вигляд лампи грушоподібної форми

Найчастіше їх використовують в домашніх умовах. Найбільш часто продаються лампи A55, A60, A67.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		24

Лампи в формі свічки

Лампи серій Blunt (B), Candle або Conical (C) і Candle Angular (CA) – це лампи, що імітують форму полум'я свічки. Вони менші за розміром, ніж більшість інших серій лампочок. Кожна лампочка має трохи різну форму – CA найбільше схожий на полум'я свічки зі злегка вигнутим кінцем. С і В, які виглядають більш притупленими і стилізованими : Форма свічки (маркування В, С) Blunt (B), Candle або Conical (C).



Рисунок 12 – Загальний вигляд лампи у вигляді свічки

Лампи в формі полум'я свічки

Це лампи, що схожі формою на полум'я свічки. Вони менші за розміром, ніж більшість інших серій лампочок. Кожна лампочка має трохи різну форму – CA найбільше схожа на полум'я свічки зі злегка вигнутим кінцем, що імітує вітер. С і В, які виглядають більш притупленими і стилізованими.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		25

Зазвичай лампи з таким типом колби мають цоколь E27 або E14 і використовуються в класичних люстрах і настінних бра.

Найчастіше зустрічаються лампи з колбою B35, C35 і C37.

Форма свічки на вітрі (маркування BA, CA) - Candle Angular (CA)



Рисунок 13 – Загальний вигляд лампи у вигляді полум'я свічки

Лампи в формі грибка

Лампи Reflector (R) або Bulged Reflector (BR), які іноді використовуються як взаємозамінні, мають внутрішнє облицювання з відбиваючого матеріалу, який допомагає проектувати світло з лампи. Вони мають плоску (R) або опуклу (BR) поверхню

Такі лампи часто називають “дзеркалки” або “рефлектор”. Лампи з такою формою колби зазвичай мають цоколь E14 або E27.

Найбільш відомі лампи R39, R50, R63

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26



Рисунок 14 – Загальний вигляд лампи в формі грибка

Лампи “спот”

Таку форму мають лампи з поворотно-штирьковим цоколем GU10 і штирьковим GU5.3.

Лампочки зі світловідбиваючою поверхнею. Як впливає з їх назви, що відбиваючий матеріал на лампі MR багатогранний, що допомагає їм забезпечувати спрямований промінь світла.



Рисунок 15 – Загальний вигляд лампи у вигляді “спот”

Лампи Globe

Сферичні лампочки різних розмірів. Вони бувають маленькими, розміром з м'яч для гольфу, придатними для невеликих закритих світильників, до дуже великих глобусів розміром з кришталеву кулю, призначених для демонстрації. У

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		27

лампах більшого розміру G зазвичай використовуються вуглецеві або світлодіодні нитки, що надає їм естетичного вигляду.



Рисунок 16 – Загальний вигляд лампи у вигляді Globe

Лампи трубчасті(циліндричної форми)

Трубчасті або трубчасті (Т) лампи доступні в різних розмірах і формах трубок, від знайомих люмінесцентних ламп до естетично привабливих трубчастих форм, подібних пробірці. Їх діапазон розмірів і базових типів (включаючи E27, E12, G5 і G13). Зустрічаються лампи з колбою T3, T4, T20, T30, T37



Рисунок 17 – Загальний вигляд лампи у вигляді циліндричної форми

Високопотужні лампи або промислові

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		28

Лампа промислова – це лампа підвищеної потужності для створення більшої освітленості для великих приміщень, наприклад цехів, складів і т.д.



Рисунок 18 – Загальний вигляд лампи промислових потужних ламп

Лампи у вигляді стрічок або кабелів (метрові лампи)

Світлодіодна стрічка це універсальний освітлювальний прилад [9].

Даний вид лампи має компактність, простоту монтажу, низьке енергоспоживання, різноманіття , що дозволяє використовувати їх в прикладних (освітлювальних) і декоративних цілях.

Перш ніж встановлювати led-стрічку, необхідно визначити:

- місце установки;
- протяжність стрічки;
- бажана потужність освітлення (чим вище стеля, тим більша яскравість стрічки береться);
- монохромна (одноколірна) або кольорова.

Монохромні стрічки випромінюють білий теплий, білий холодний, синій, зелений та червоне світло. Для підключення необхідний спеціальний блок живлення.

RGB (red, green, blue) стрічки з кристалами 3-х кольорів: червоний, зелений, синій, з допомогою яких відтворюється будь-який колір. Для їх підключення необхідний контролер і блок живлення. Контролер дозволяє задавати бажані комбінації кольорів, зміну відтінків і ін.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

Чим вище щільність світлодіодів на погонний метр, тим яскравіше їх світіння, і тим більше електроенергії вони споживають. Розмір світлодіодів також впливає на яскравість світіння і енерговитрати.

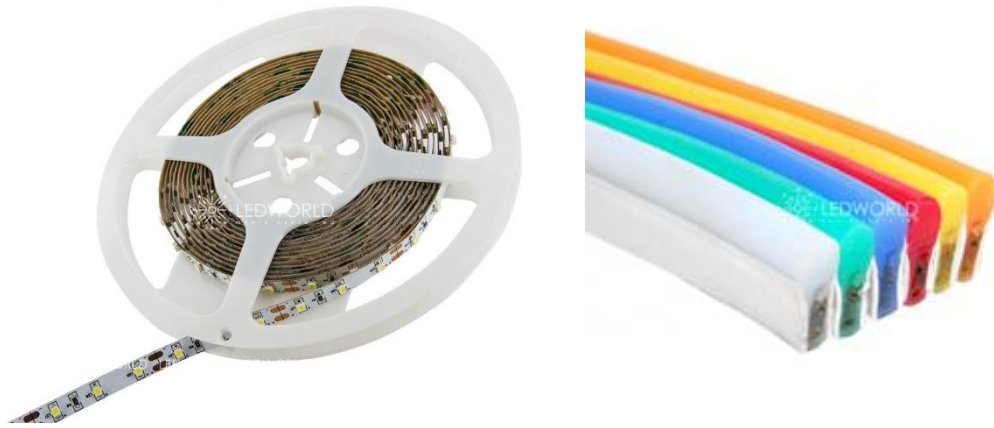


Рисунок 19 – Загальний вигляд лампи у вигляді стрічки- кабелю

Кольорова температура люмінесцентних ламп є дуже різноманітна

Показується вона в одиницях Кельвіна (К), «колірна температура», яка і визначає, яке світло випромінюють лампочки тепле чи холодне. Лампи з низьким значенням Кельвіна випромінюють тепле жовте світло, яке відмінно підходить для створення затишної атмосфери. Лампи з більш високим значенням Кельвіна випромінюють холодне синє світло. Значення Кельвіна лампи зазвичай вказується на упаковці разом з простим описом, наприклад, «теплий білий» або «холодний білий».

Головними перевагами використання LED-приладів у пасажирських вагонах є:

- зменшення трудомісткості на обслуговування (світильники для вагонів мають тривалий термін безперебійної служби);
- нечутливість до змін напруги бортової мережі;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- вібро- та удароміцність;
- безшумність роботи;
- відсутність ефекту мерехтіння;
- мінімальне тепловиділення (дана характеристика не ускладнює роботу систем охолодження поїздів).

Крім того, впровадження LED-приладів у освітлювальні системи поїздів мінімум на 30% знижують експлуатаційні витрати, оскільки, порівняно з іншими пристроями (люмінесцентними лампами), споживають менше електроенергії.

1.3 Аналіз наукових робіт пов'язаних з розрахунком параметрів та методами досліджень освітлення рухомого складу

Освітленням пасажирських вагонів при огляді наукових праць практично ніхто не займався. Всі дослідження, які проходили в межах України в більшості випадків стосувались вагонів метрополітену, трамваїв та автобусів. Для пасажирських вагонів локомотивної тяги параметри, які були ще розраховані раніш для ламп розжарювання та люмінесцентних були давно розраховані показники і по цим параметрам та показникам проєктуються вагонів При розгляді питань освітлення також брались показники безпечності для живих організмів та вплив на людину. Це розглядалось в науковій роботі [10].

Відповідно до проведених досліджень спеціалізованою лабораторією було додатково використана для аналізу нового світильника OLED (органічні світловипромінюючі діоди). OLED – це однорідні джерела світла, які виробляють розсіяне світло без відблисків і мають відмінну передачу кольору (CRI > 90) [11].

Передбачається при проведенні досліджень , що за допомогою OLED-освітлення реалізується високоефективне освітлювальне рішення для NGT через низький рівень обслуговування та невеликі вимоги до місця для установки та

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		31

низьке енергоспоживання. Крім того, OLED повинні створювати дуже комфортне освітлення для пасажирів.

На першому етапі макет був створений макет (і запропоновані пристрої в системі освітлення) відповідно до концепції освітлення NGT (див. також розділи 2 та 3.3 у [11]).

В випробуваннях використовувалися квадратні OLED-модулі з розмірами 99 мм x 99 мм і колірною температурою 4000 К -нейтральний білий (рисунок 24).

OLED-панелі постійно регулювалися від 0% до 100%. Весь світильник складався з 152 OLED-модулів, встановлених у два ряди симетрично середній лінії макету. Модулі були щільно прикріплені один до одного, візуально нагадуючи дві безперервні світяться лінії (рисунок 20).

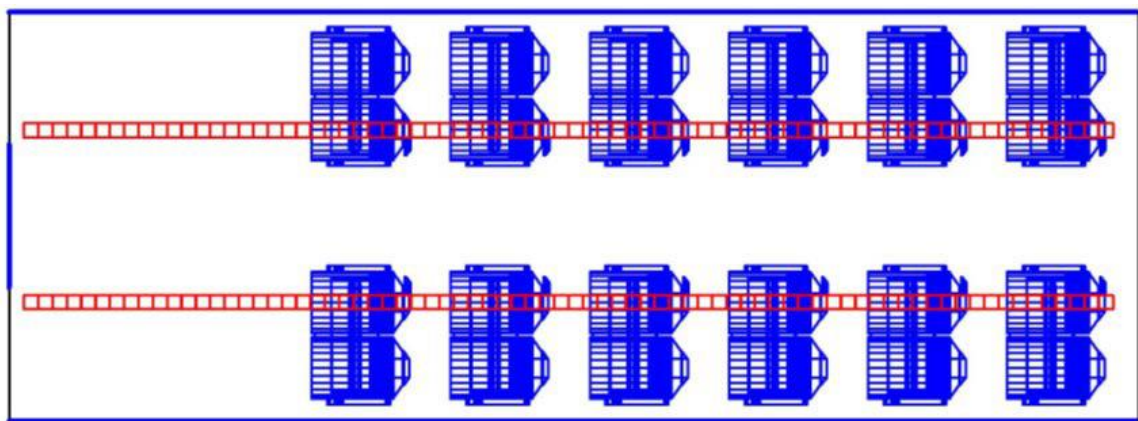


Рисунок 20 - Схема світильника в випробувальній лабораторії

На другому етапі випробувань було проведено предметний тест, щоб проаналізувати комфорт освітлення OLED-світильника в загальній лабораторії (рисунок 21). У двох експериментах брали участь сорок випробовуваних. Два сценарії освітлення (100 лк і 150 лк) і два види діяльності (головоломки та КПК-смартфони) були використані як рівні незалежних змінних у двофакторному дизайні всередині суб'єктів із повторюваними вимірюваннями.



Рисунок 21 - Експериментальна ситуація в випробувальній лабораторії

Освітленість вимірювали за допомогою люкметра Voltcraft LX-1108. Пункти вимірювання були розташовані в місцях для сидіння відповідно до стандарту EN 13272:2012 на кожному сидінні на горизонтальному рівні, на висоті 0,8 м над рівнем підлоги та 0,6 м від спинки, на центральній лінії між бічними поля сидіння.

Суб'єктивні дані щодо комфорту освітлення були зібрані за допомогою різних анкет: учасники оцінювали своє сприйняття чотирьох параметрів освітлення, а саме (а) яскравість, (б) ССТ (корельована колірна температура), (в) відблиски і (д) візуальні характеристики. На другому етапі оцінювався відповідний рівень комфорту. Далі питання охоплювали стани настрою, сонливості, самопочуття, характер, рекомендації щодо освітлення та очікування, а також демографічні дані. Усі елементи керувалися на КПК. Процедура була такою: після етапу адаптації кожен сценарій освітлення був представлений двічі і в зворотному порядку протягом 10 хвилин. Під час експозиції учасників

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

розважали кросвордами та сітками sudoku або простою грою на КПК. Після часу експозиції у суб'єктів було десять хвилин, щоб заповнити анкету, поки ситуація з освітленням залишалася зміненою. Між двома сценаріями освітлення нейтральне світло (10 лк) вмикалося на 1 хвилину.

При проведенні таких випробувань отримали наступні такі результати освітленості : мінімальне значення освітленості для кожного сценарію освітлення (150 лк, 100 лк) було досягнуто на кожному сидінні. Як наслідок, середня освітленість була вище запланованої: 201 лк на 150 лк сценарій і 133 лк у сценарії 100 лк. У всіх рядах сидіння освітленість була вищою на сидіннях у проході порівняно з сидіннями біля вікна: середня різниця становила 32 лк в умовах 100 лк і 48 лк в умовах 150 лк. Оцінка суб'єктивних даних показала, що випробувані відчували себе нейтрально або досить комфортно в обох умовах освітлення. Хоча середня освітленість 100 лк темніша за мінімальну освітленість, визначену в EN 13272:2012, для цієї умови не спостерігалось обмежень комфорту. Навпаки, суб'єкти відчували себе менш сліпими в умовах 100 лк і, отже, оцінювали його як більш комфортне щодо цього параметра освітлення. Особистісні особливості (індивідуальні світлові переваги та очікування) вплинули на сприйняття та оцінку різних параметрів освітлення [12]. Цікавим було те, що ніяких відмінностей у суб'єктивному сприйнятті між рядами сидінь не виявлено; очевидно, об'єктивні відмінності в рівнях освітленості були занадто малі, щоб вплинути на суб'єктивні оцінки комфорту.

У порівнянні з високопотужними світлодіодами, які були проаналізовані в аналогічному експерименті обстановка в попередньому проекті (проект LiKab, підтриманий Федеральним міністерством освіти і досліджень, грант № 03CL08, [15]), який проводився в салоні літака, OLED були оцінені як забезпечують більший комфорт освітлення: хоча обидва типи світильників були сприйняті об'єктами як порівняно яскраві, світло, що випромінюється OLED, було менш яскравим і має більш теплий вигляд (рисунок 22). Загалом, суб'єкти були більш

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

задоволені нещодавно розробленими OLED і оцінили всі три параметри освітлення як більш комфортні (рисунок 23).

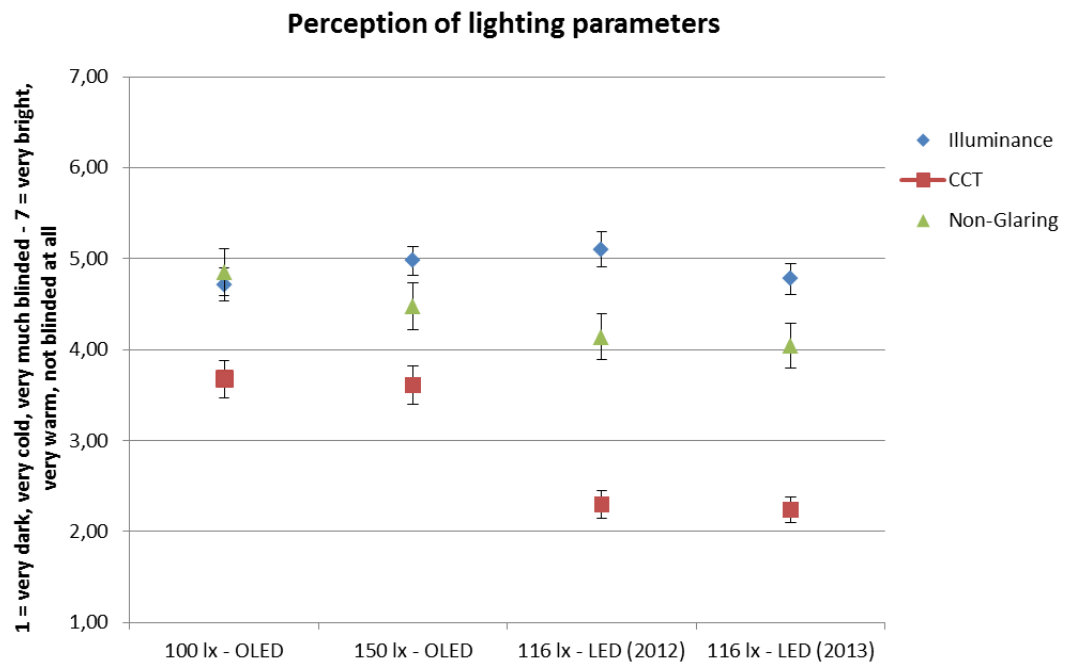


Рисунок 22 - Порівняння сприйняття параметрів освітлення для OLED і світлодіодів

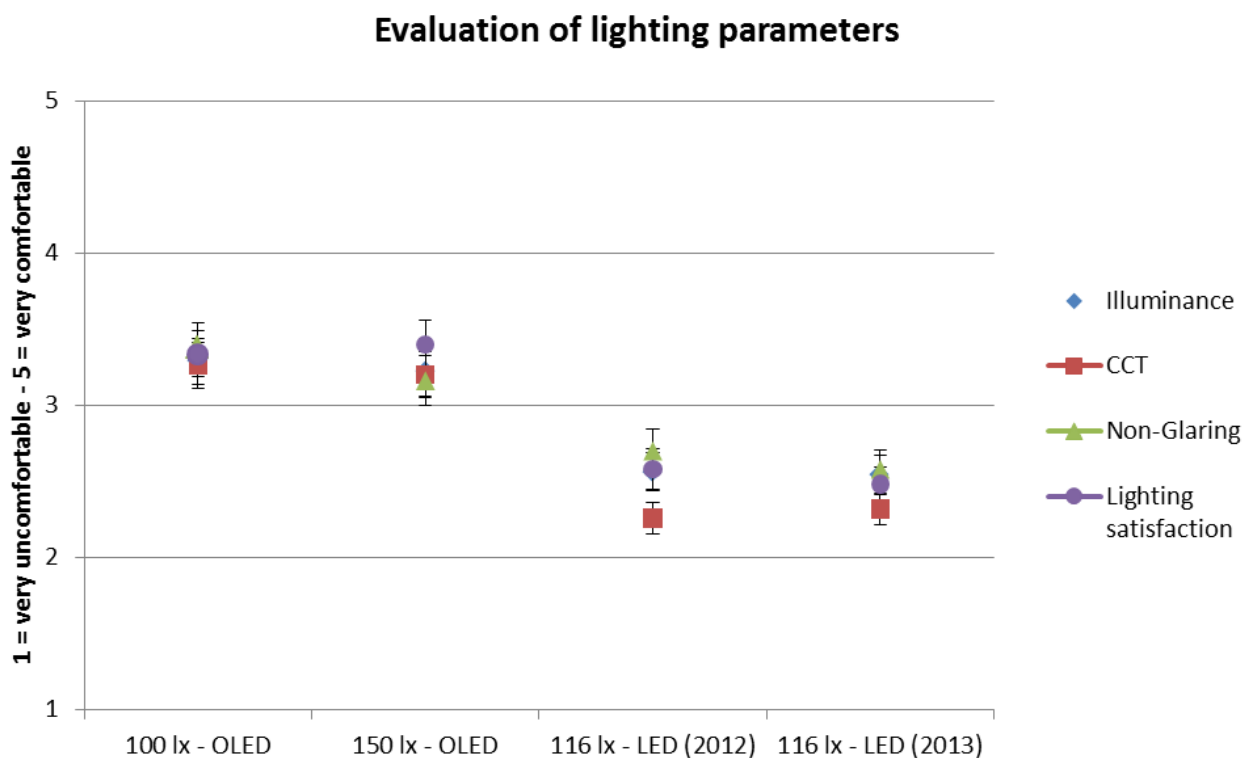


Рисунок 23 - Порівняння оцінки параметрів освітлення для OLED і світлодіодів
Після проведених випробувань та опитувань пасажирів був зроблений наступний висновок, що комфорт освітлення забезпечується, коли реалізується

концепція освітлення NGT. Крім того, ця освітлювальна установка з використанням OLED має деякі переваги щодо суб'єктивних параметрів комфорту в порівнянні з LED-системою освітлення – навіть якщо середня освітленість була темнішою, ніж мінімальна освітленість, визначена EN 13272:2012. Особливий інтерес становлять такі питання психологічного дослідження, як вплив особистих уподобань та очікувань на відчуття комфорту освітлення.

Їхній аналіз на основі даних, які були оцінені тут, дає змогу краще зрозуміти процеси, що лежать в основі відчуттів комфорту освітлення [12].

Всі ці фактори вже в подальшому сформульовані в стратегії розвитку транспорту, яка є описана у відповідному плані [14].

Новою тенденцією розвитку освітлення пасажирських вагонів є на даний момент так звані інтелектуальні системи освітлення (адаптивні системи).

Дані системи використовуються в пасажирських поїздах як локомотивної тяги так і швидкісних. В них система освітлення адаптується під пору року- доби і забезпечує необхідну освітленість для пасажирів на рівні заданих норм [5, 15].

Також нові пристрої (світлодіодні лампи застосовуються і для приладів безпеки (габаритів вагонів). Можливість застосування на вітчизняних вагонах було досліджено в праці [16].

На вітчизняних вагонах до останнього джерелом світла у цих ліхтарях застосовуються лампи розжарювання, виконані у транспортному виконанні. Конструктивно фонарі виконуються прямокутної форми, з можливістю заміни лампи з внутрішньої сторони вагона (тамбура) і як правило мають параболічний всередині світильника параболічний відбивач світла, світлофільтр і лінзу Френеля для формування світлового потоку.

У вагонах які експлуатуються на європейських коліях, згідно з правилами UIC, використовуються два хвостових ліхтарі, розміщені у середній частині торцевої стіни.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		36

Вони виконуються круглої форми, мають відбивач, подвійне скло. Одне з яких скло –світлофільтр та доступ для заміни лампи, що перегоріла з середини вагона.

Ліхтарі виконанні вологозахищеними та пилозахищеними. Оболонки всіх ліхтарів із зовнішньою стороною надійно захищені від попадання води та пилу. Кожен з цих ліхтарів має всередині вікна-жалюзі для повітря для охолодження ламп. Беручи до уваги розробки у автомобілебудуванні конструктори вагонів взяли на замітку що можна в даних пристроях використати світлодіодні лампи так як головним конструктивним недоліком усіх використовуваних типів хвостових ліхтарів є застосування ламп розжарювання, що мають малий ресурс (1500 ... 2000 год) роботи.

На сучасних вагонах виробництва КВБЗ моделі 61-779 та 61-788 були розроблені та встановлені нові хвостові ліхтарі, в яких в якості джерела світла використовуються світлодіодна матриця, складена зі світлодіодів, з'єднаних паралельно-послідовно.

Сучасна промисловість, як було написано вище сьогодні освоїла випуск цілого ряду приладів, що випромінюють світло високої інтенсивності та необхідного спектру. Термін служби їх дуже високий - 150000 год і більше. Прилади твердотільні та не містять ненадійних частин, типу спіралей ламп розжарювання, скляних колб та інші ненадійних матеріалів та конструкцій, котрі бояться вібрацій та ударів.

У розробленій конструкції хвостових ліхтарів вагонів моделей 61-779 та 61-788 було застосовано прилади фірми «Hewlett Packard» [16], HLMP-DG серії, що найбільше задовольняють та відповідають зазначеним вимогам.

Параметри світлодіодів HLMP-DG 24, які були використані:

- виконання світлодіода: алюміній-індій-галій-фосфор (AlInGaP)-технологія;
- колір випромінювання – червоний, λ_d – 626 нм;
- значення просторового кута випромінювання – 23 градуси;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		37

протягом одного року та показали високу надійність, жоден світлодіодний елемент не вийшов із ладу. В кінці випробувань були виконані оптичні виміри параметрів ліхтарів, підтвердили високі конституційні та технічні параметри (конструкція ліхтаря залишилась незмінною, світловий потік направлений вузьким променем, час на заміну ліхтаря (лампи – відсутній).

Аналогічні по конструкції та виконанню зараз почали застосовувати лампи та світильники для підсвічування дверей, підніжок, тамбурів, купе.

Але тут слід дуже уважно підбирати тип світлодіодів, так як не всі з каталогів є підходящими для поставлений задач.

Перевірку на забезпечення освітлення на даний момент проводять також і в вагонах метрополітену з допомогою програмного комплексу (попередні розрахунки та підбір джерел випромінювання DIALux [18, 19]. Авторами цієї статті було проведено розрахунки системи запуску, керування освітленням вагонів – метро та спроектовано систему освітлення, яка впроваджена в вагони метрополітену після проведення капітальних ремонтів. Також було прораховано, що у порівнянні зі стандартними системами освітлення з люмінесцентними світильниками світлодіодні системи забезпечують економію електроенергії в 3 рази і збільшення освітленості більше ніж у 1,5 рази. Після проведення таких досліджень У липні 2011 року відповідно до проведених досліджень та випробувань КП «Київський метрополітен» об'явив відкриті торги по закупівлі енергозберігаючих світлодіодних систем салонного освітлення вагонів метро 81-714, 81-717 та їх модифікацій та провів цілий ряд модернізацій вагонів. Аналогічні дослідження також можна провести для пасажирських вагонів, та обґрунтувати заміну ламп розжарювання та люмінесцентних на світлодіодні.

1.4 Висновки

При виконанні даного розділу було розкриті питання:

– розглянуто питання зменшення енерговитрат в рухомому складі (пасажирськими вагонами) при зміні джерел освітлення;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		39

- розглянуто питання зменшення затрат на ремонт та технічне обслуговування освітлювальних пристроїв;

– проаналізовано вплив тих чи інших джерел світла у відповідності екологічним вимогам провідних країн Європи;

– проведено аналіз основних наукових робіт в сфері освітлення пасажирських вагонів та рухомого складу в цілому.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		40

2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ, РОЗРАХУНКУ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

2.1 Параметри, показники та пристрої для забезпечення освітленості приміщень вагона

До основних параметрів та показників по яким можна оцінювати освітленість та вимоги нормативних документів , що стосуються пасажирських вагонів так і приміщень в цілому проводять відповідно до [4-6] відносять наступні параметри:

- світловий потік;
- сила світла;
- освітленість;
- світимість;
- яскравість;
- показник дискомфорту
- коефіцієнт пульсації освітленості K_p (при освітленні приміщень газорозрядними лампами).

Ті самі параметри можна також побачивши курс «Електрообладнання пасажирських вагонів» для вивчення якого є відповідні підручники [20-25].

Так відповідно до [20] потужність світлової енергії характеризується так званим світловим потоком Φ , що в свою чергу являє собою кількість світлової енергії, яка проходить освітлювальну площу за одиницю часу.

Цей світловий потік оцінюють за дією його світлового відчуття і вимірюється в люменах (лм).

Люмен – це світловий потік, що випускається повним випромінювачем (абсолютно чорним тілом), при температурі затвердіння платини з площі $5,305 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		41

Світовий потік напряму залежить від спектральної чутливості ока середньостатистичної людини. Якщо розглянути фізіологічні властивості людини, то людське око є найбільш чутливим на довжині хвилі монохроматичного випромінювання, що дорівнює 555,016 нм (нанометрів, що відповідає частоті 546 480 ГГц), та вимірюється в канделах(кд). Таким чином, одна кандела визначається на найбільш чутливій для людського ока частоті (в денний час) монохроматичним випромінюванням джерела світла, що має потужність випромінювання 1/683 Вт на кожний стерadian, тобто 1,46 мВт/ст.

Стерadianом мається на увазі одиниця тілесного кута (кут у вигляді конуса, вирізаного зі сфери радіусом R і який має площу R^2). Кут розкриття такого конуса дорівнює приблизно 65 градусам.

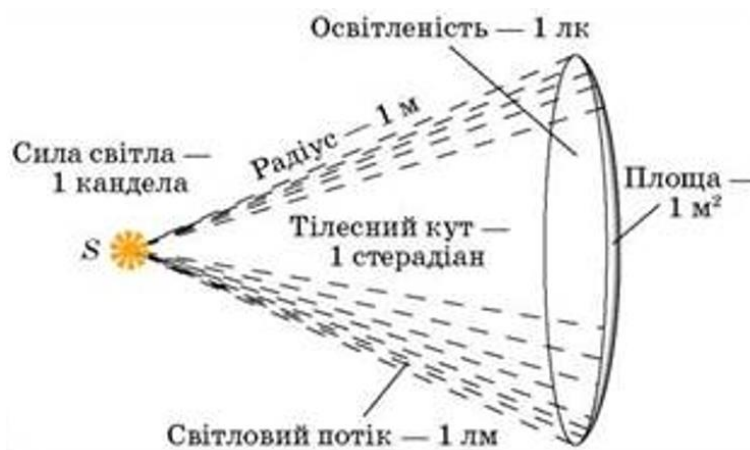


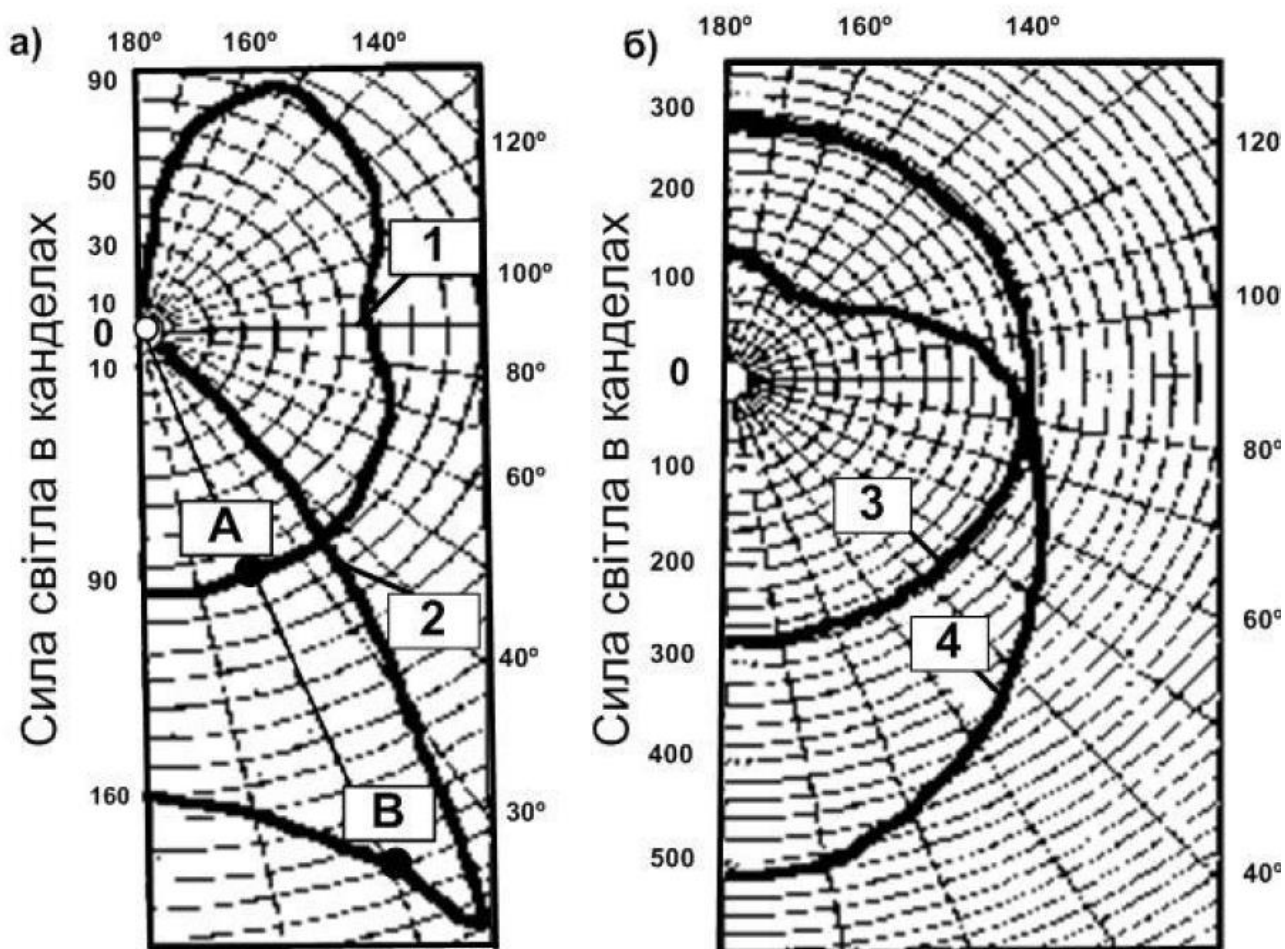
Рисунок 25 – Співвідношення для визначення освітленості, стерadianу

Щоб оцінити якість освітлювальних установок в умовах експлуатації, у світлотехніці застосовується ряд величин, які є похідними від світлового потоку: сила світла, освітленість, світимість та яскравість.

Світимість M характеризує поверхневу щільність випромінюваного потоку. Світимість використовують для оцінки джерел світла або будь-яких поверхонь, що світяться в результаті світлового потоку, який проходить через них, або відбитого світлового потоку.

						0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			42

яка створена даним джерелом у будь-якому напрямку: вона виражається у визначеному масштабі довжиною відрізка радіуса, проведеного під визначеним кутом до вертикалі з полюса 0 до точки перетину з кривою світлорозподілу.



1 – залізничні лампи з прозорим склом; 2 – світильники прямого світла;
3 – лампи радіальної дії; 4 – лампи направленої дії

Рисунок 27 – Криві світлорозподілу для ламп розжарювання (а) та люмінесцентних (б):

Освітленість E . Одиницею освітленості є люкс (лк).

Один люкс являє собою освітленість поверхні, на кожен квадратний метр якої припадає рівномірно розподілений світловий потік у 1лм.

Якщо записати це співвідношення між силою світла й освітленістю можна визначити в такий спосіб. Якщо поверхня площею dS (рис. 26, б) освітлюється джерелом А, що знаходиться від неї на відстані l , і сила світла I спрямована на цю поверхню під кутом β до вертикалі N , то освітленість E визначається за формулою:

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
----	-------	---------	--------	------

$$E = \frac{I \cos \beta}{l^2} \quad (4)$$

Яскравість L . Дана величина характеризує поверхневу щільність сили світла в заданому напрямку. Вона визначає зорове відчуття, що, однак, залежить і від інших факторів. Якщо яскравість поверхні, яка світиться, площею dS визначають у напрямку під деяким кутом α до перпендикуляра N до даної поверхні (рис. 31, в), то в загальному випадку отримаємо вираз:

$$L_\alpha = \frac{dI_\alpha}{dS \cos \alpha} \quad (5)$$

Якщо поверхня, яка світиться, S має всюди однакову яскравість, тоді загальному випадку формули 4 отримаємо вираз:

$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{S \cos \alpha} \quad (6)$$

Одиницею вимірювання яскравості є кандела на квадратний метр (кд/м²).

Одним з основних показників, що визначають економічність джерела світла, є світлова віддача, вимірювана у люменах на Ват (лм/Вт).

Світлова віддача – це відношення випромінюваного джерелом світлового потоку Φ до споживаної ним електричної потужності P , тобто отримаємо наступний вираз

$$\varphi = \Phi/P \quad (7)$$

Світловий потік, що падає на тіло, яке не просвічується (сметеля вагона, стіни, підлога), частково поглинається ним, а частково відбивається. У випадку тіла, яке просвічується, крім відображення і поглинання, має місце також пропускання світлового потоку. Кількісне відображення, поглинання і пропускання світлового потоку тілом оцінюються відповідними коефіцієнтами: відображення σ , поглинання α та пропускання τ .

При цьому отримаємо відповідно вирази для таких коефіцієнтів:

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		45

$$\rho = \Phi_{\rho} / \Phi; \quad \alpha = \Phi_{\alpha} / \Phi; \quad \tau = \Phi_{\tau} / \Phi, \quad (8)$$

де Φ_{ρ} – світловий потік, який відбивається тілом;

Φ – світловий потік, що падає на тіло;

Φ_{α} – світловий потік, що поглинається тілом;

Φ_{τ} – світловий потік, що проходить крізь тіло.

Якщо скористатись законом збереження енергії то отримаємо наступний вираз:

$$\Phi = \Phi_{\rho} + \Phi_{\alpha} + \Phi_{\tau} \quad (9)$$

Поділивши праву і ліву частини рівняння 9 на Φ , одержимо наступний вираз, який при світлотехнічних розрахунках більш зручно застосовувати:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (10)$$

До якісних показників освітленості та створюються відповідним обладнанням відносять :

- відбитий блиск;
- засліпленість;
- відбитий блиск;
- фон;
- контраст об'єкту з фоном;
- видимість.

Фон – поверхня, прилегла безпосередньо до об'єкту, на якій він розглядається.

Видимість – здатність ока людини сприймати об'єкт при освітленості від 0,1 до 100 000 лк.

Світло діє на очі і через них на центральну нервову систему, кору великих півкуль голо-вного мозку і на весь організм людини, викликаючи посилення діяльності дихальних органів, поліпшуючи стан і стимулюючи діяльність всього організму.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків: до 5 % травм можна пояснити недостатнім освітленням, а в 20 % випадків воно сприяло їх виникненню. Погане освітлення може привести до професійних захворювань: робоча міопія (короткозорість), спазм акомодациї, ністагм. У осіб, повністю або частково позбавлених природнього світла (по роду роботи або через географічні умови), може виникнути світлове голодування.

Показник відбитий блиск виникає в результаті дзеркального чи направлено-розсіяного відображення випромінювання світлового потоку від робочої поверхні або іншими словами це кількість відбитої світлової енергії.

Засліпленість дозволяє оцінити сліпучу дію, що створюється освітлювальною установкою. Даний показник визначають за формулою

$$P_{3C} = (S_{3C} - 1) \cdot 1000, \quad (11)$$

де $S_{3C} = V1/V2$ – коефіцієнт засліпленості;

$V1$ – видимість об'єкта спостереження при екрануванні блискучих джерел світла; $V2$ – видимість об'єкта спостереження при наявності блискучих джерел у полі зору.

Пульсація освітленості може бути викликана коливаннями напруги в освітлювальній мережі вагона – це дуже є характерним для люмінесцентних ламп. Якщо коливання освітленості часті і значні за амплітудою, то вони можуть викликати значне зорову втому. Коливання освітленості, які сприймаються оком, відзначаються при плавній зміні амплітуди напруги на 4%. Пульсація освітленості характеризується так званим коефіцієнтом пульсації, який визначається за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\text{МАКС}} - E_{\text{МИН}}}{2E_{\text{СР}}} 100 \quad (12)$$

де $E_{\text{МАКС}}$ і $E_{\text{МИН}}$ – найбільше і найменше значення освітленості за період її коливання;

$E_{\text{СР}}$ – усередненне значення освітленості, яке визначається згідно формули:

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
						47
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$E_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^t E(t) dt \quad (13)$$

У лампах розжарювання теплова інерція спіралі настільки має велику інертність, що коливання світлового потоку практично не помітні для ока. У люмінесцентних ламп така теплова інерція відсутня, але присутні процеси запалення, які в певні моменти часу помітні людському оку. Тому в них доводиться обмежувати коефіцієнт kn різними способами. Для світлодіодних ламп – це все залежить від джерела напруги – струму та самого драйвера.

Зменшення та підвищення деяких вищенаведених показників можна досягнути застосувавши не тільки джерела світла але й цілі пристрої – світильники.

Світильником називають сукупність спеціальної арматури з лампою і захисними пристроями.

Основне призначення світильників – перерозподіл світлового потоку джерел світла в необхідних для освітлювальних установок напрямках, захист ламп, оптичних елементів і пускорегулювальних апаратів від впливів навколишнього середовища та механічних ушкоджень, захист очей від сліпучої дії джерела світла (застосування плафонів), з'єднання лампи з електричною мережею.

Усі світильники розподіляються на класи за світлорозподілом.

В залежності від відношення K світлового потоку Φ , який випромінюється світильником у нижню півсферу, до загального потоку світильника Φ_{CB} . За світлорозподілом світильники розділяються на наступні такі класи:

- прямого світла $K > 0,8$;
- переважно прямого світла $0,6 < K < 0,8$;
- розсіяного світла $0,4 < K < 0,6$;
- переважно відбитого світла $0,2 < K < 0,4$;
- відбитого світла $K < 0,2$.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

В електричному освітленні пасажирських вагонів застосовуються всі зазначені вище класи світильників.

Конструкція світильників виконує ще наступні функції :

надійний захист всіх частини світильника від шкідливих впливів навколишнього середовища;

- володіння пожежно-, електро- і вибухонебезпечністю, надійністю;
- стабільність світлотехнічних характеристик у даних умовах середовищ;
- зручність монтажу й обслуговування (зокрема, очищення і зміни ламп, що вийшли з ладу).

На практиці стараються застосовувати найбільш зручні і прості для обслуговування світильники з легко знімними розсіювачами чи відбивачами, люмінесцентні світильники зі знімними панелями, на яких змонтована електрична схема, моносвітильники в яких заміна джерела є неможливою, зате робота світильника можлива в різних агресивних середовищах і т. д.

При виборі типу світильника потрібно враховувати тип та призначення вагона, фарбування стін і стелі, елементи інтер'єра вагона й інші параметри.

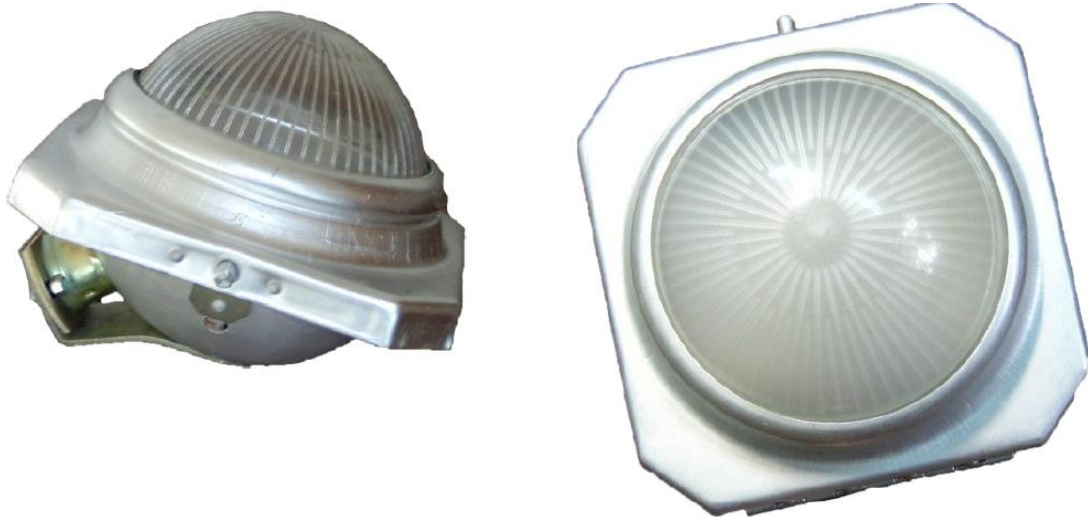
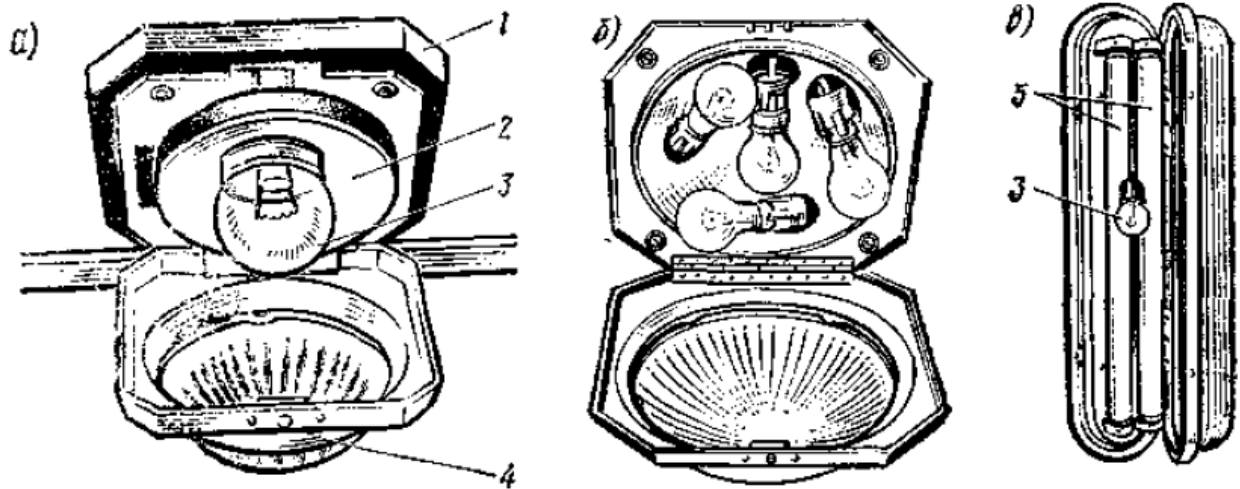


Рисунок 28 - Світильник НВВ 01-25 УХЛ.2 для туалету та тамбура

Світильник НВВ 01-25 УХЛ.2 призначений для освітлення тамбурів, туалетів і службових приміщень вагонів пасажирських поїздів з живленням від

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

мережі постійного і змінного струму номінальною напругою 50 або 110 В. Загальна будова та типи розміщення ламп приведені на рис. 29.



1 – корпус світильника; 2- відбивач; 3 – лампа; 4 – розсіювач- плафон

Рисунок 29 – Будова світильника з лампами розжарювання

Для освітлення зон читання в купе встановлюються світильники софітного типу. Найбільш типовим є світильник НБВ01-15-002 «Софіт» УХЛ 4.2 (рис. 30) призначений для місцевого освітлення в пасажирських вагонах, живиться від мережі постійного струму з напругою 100 В, лампа розжарювання потужністю 15 Вт. Дані типи останнім часом замінюють світлодіодними світильниками.



Рисунок 30 - Світильник НБВ01-15-002 «Софіт» УХЛ 4.2

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

0031.206532.ДМР.2021.001

Арк.

50

Також останнім часом на вагонах в тамбурах та туалетах почали встановлювати світильники з люмінесцентними та світлодіодними лампами, які встановлюються в пасажирських вагонах. Світильник для освітлення тамбурів і приміщень вагонів Омега-Ел110 з компактною люмінесцентною лампою потужністю 11 Вт і з вбудованим електронним пускорегулювальним апаратом і вимикачем.

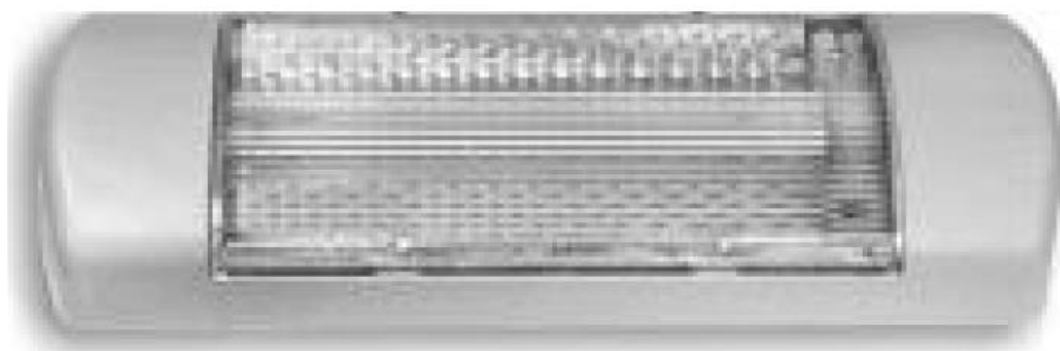


Рисунок 31 - Світильник Омега-Ел110

Для освітлення коридорів та купе використовують різні типи світильників. Переважно в одному світильнику суміщено три види освітлення: робоче, чергове та аварійне. Конструкція такого світильника приведена на рис. 32.

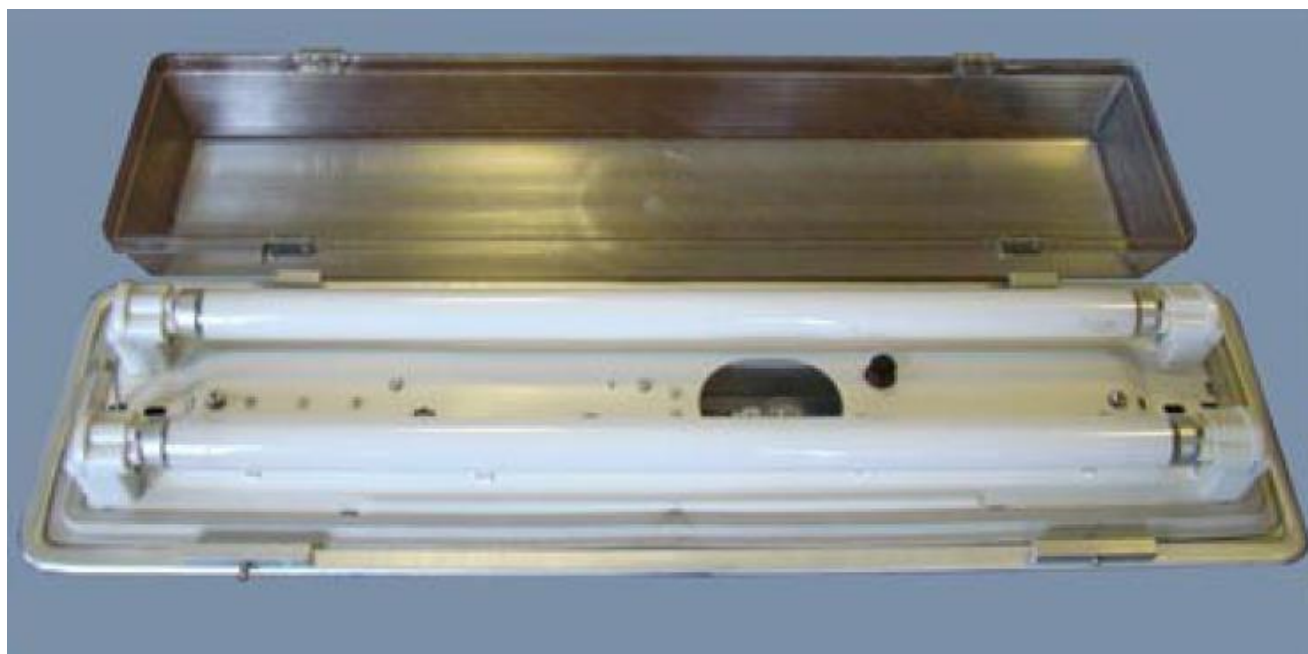


Рисунок 32 - Світильник стельовий типу ЛНВВ 01-2х20-001

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		51

Світильники стельові типу ЛНВВ 01-2x20-001 з двома (однією) двоцокольними люмінесцентними лампами потужністю 20 Вт для основного режиму роботи і з лампою розжарювання потужністю 25 Вт для чергового режиму.

Замінивши всередині лампи використовують світлодіодні джерела зараз використовується для заміни світильників з лампами ЛБ-18, ЛБ-20. Він має наступні характеристики :для основного освітлення напруга 50, 110 В, потужність 13 Вт, шість світлодіодів, світловий потік 1200 Лм, термін служби 80000 год; службове освітлення: напруга 50, 110 В, потужність 6 Вт, 3 світлодіоди, світловий потік 300 лм.



Рисунок 33 - Світильники світлодіодні типу ЛСВВ 03-02 * 18 (1 * 0,8) .110 УЗ

Такі ж стельові світильники зараз випускають та встановлюють з LED лампами нерозбірні з гарантійним терміном служби 12000 год. Такі ж світильники випускаються і для приміщень з підвищеною вологістю та пилюкою.

Прикладом таких світильників є СТС та СКС (рис. 34) [26].

Світильник СТС – призначений для внутрішнього освітлення тамбурів, туалетів і коридорів пасажирських вагонів.

Світильник СКС – призначений для внутрішнього освітлення пасажирських купе та службових приміщень

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52



Рисунок 34 – Загальний вигляд світильника СТС та СКС

Для освітлення хвостових сигналів використовуються спеціальні світильники КБ-1641, (КБ-1640).. Останнім часом знову ж таки встановлюють світлодіодні світильники. Це було описано в [17].

Загальний вигляд світильників для хвостових сигналів приведено на рис. 35.



Рисунок 35 - Хвостовий сигнальний ліхтар вагона КБ-1641, (КБ-1640)

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

0031.206532.ДМР.2021.001

Арк.

53

2.2 Типи та види освітлення пасажирських вагонів

По типу освітлення може бути:

- природне;
- штучне.

Штучне освітлення може бути двох основних видів: робоче й аварійне.

Робоче освітлення створює в приміщеннях вагонів необхідну за нормами освітленість у нормальних умовах.

Аварійне освітлення діє у випадку припинення живлення освітлювальних навантажень від основного джерела електричної енергії. Для аварійного освітлення виділяють, як правило, частину світильників, що передбачаються для робочого освітлення. Живлення цих світильників часто здійснюють від акумуляторної батареї, а як джерело світла використовують лампи розжарювання.

Залежно від сфери застосування освітлення для пасажирських вагонів поділяються на:

- загальне;
- локальне.

Загальне освітлення використовується в коридорах, залах ресторанів, тощо.

До локального відносять наступні підтипи: стельове освітлення купе, тамбурів та туалетів.

Аварійне – це освітлення, яке функціонує під час припинення подачі електроенергії.

Місцеве – яке можуть увімкнути самі пасажери.

Сигнальне освітлення – призначене для безпеки вагонів. Це кінцеві сигнальні ліхтарі, що вказують на вогнями хвіст пасажирського складу.

Службове освітлення – наприклад, підсвічування котельних приміщень, підвагонного обладнання та інших робочих приміщень.

Чергове – включається у нічний час, коли пасажери сплять. Освітленість, створювана черговим освітленням, не нормується. У загальних нормах штучного

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		54

освітлення міститься тільки рекомендація виділяти на чергове освітлення частину світильників робочого освітлення.

За способами розміщення світильників у виробничих приміщеннях і у вагонах розрізняють системи загального і комбінованого освітлення. При загальному освітленні світильники встановлюють тільки у верхній зоні приміщення – безпосередньо на поверхні стелі або підвішують до неї. Вони називаються світильниками загального освітлення. До них відносяться світильники купе, коридорів, туалетів і тамбурів.

Загальне освітлення підрозділяється на рівномірне і локалізоване.

При рівномірному освітленні світильники встановлюють рядами на визначеній відстані один від одного і між рядами.

Загальне рівномірне освітлення має найбільше поширення (наприклад, у міжобласних пасажирських вагонах).

Для створення більш високої освітленості окремих ділянок приміщення застосовують локалізоване освітлення. Однак воно не набуло поширення в пасажирських вагонах.

При комбінованому освітленні в приміщеннях передбачають загальне освітлення, як правило, з рівномірним розміщенням світильників, і місцеве освітлення світильниками, встановленими на робочих місцях. Такий вид освітлення набув поширення в електроцехах вагонних депо.

Різні за функціональним призначенням частини освітлювальної установки називаються видами освітлення.

При оформленні вагонів використовуються три групи кольорів: основні, допоміжні та акцентні.

Основна група кольорів є головною в системі внутрішнього колірною оформлення і складається з кольорів середньохвильової зони спектру і відносно близько розташованої до неї групи відтінків (оранжево-жовті, жовті, зеленувато-жовті, жовто-зелені, зеленувато-блакитні). В основні кольори слід фарбувати переважно об'єкти, що є великими полями адаптації.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		55

До допоміжної групи входять кольори як середньохвильових, так і інших ділянок спектру, які використовуються при оформленні інтер'єру для створення контрастів.

Акцептова група кольорів містить кольори різних ділянок спектру, які застосовуються для полегшення розпізнавання об'єктів, поводження з якими травмонебезпечно (підніжки вагона, ручне гальмо, стояночне гальмо).

При внутрішньому колірному оформленні необхідно враховувати функціональне призначення об'єктів, що фарбуються. Підбір кольору повинен проводитися з урахуванням їхнього гармонійного поєднання.

Контроль кольору фарбування виробляється візуально, шляхом зіставлення кольору з колориметризованим атласом кольорів або зразками картотеки колірних стандартів. Перевірка колірного оформлення вагонів повинна проводитись особами, які є нормальними трихроматами та пройшли відповідну лікарську експертизу.

2.3 Методи розрахунку основних параметрів освітлення приміщень пасажирських вагонів

На практиці для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи:

- метод світлового потоку (коефіцієнта використання). Його застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь;
- точковий метод. Даний метод призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення, а також для освітлення похилих площин, в деяких випадках кажуть перевірочний метод;
- метод питомої потужності. Цей метод є найбільш простим і в той же час найменш точним, тому його використовують для приблизних, орієнтовних розрахунків.

Метод світлового потоку (коефіцієнта використання)

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		56

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку). Метод дозволяє визначити оптимальну кількість ламп та потужність освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення.

Вхідними умовами для розрахунку методом коефіцієнта світлового потоку слугують довжина, ширина приміщення, висота підвісу світильника над робочою поверхнею та характеристики приміщення (колір стін та стелі). Нормована освітленість може бути задана числовим значенням або типом приміщення, яке потребує освітлення.

Результатом розрахунків є кількість світильників прийнятого типу.

Метод враховує не тільки потік, який падає на робочу поверхню безпосередньо від світильника, але й потік, відбитий від стін та стелі, за рахунок введення коефіцієнта використання освітлювальної установки. Останній залежить від кольору стін і стелі, розмірів приміщення

Основним розрахунковим рівнянням методу світлового потоку формула для визначення потрібного світлового потоку світильника і знаходиться за формулою:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (13)$$

Де E - мінімальна освітленість згідно санітарних норм;

k - коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп і запиленість світильників, для ламп розжарювання, люмінесцентних та світлодіодних ламп він є відмінний;

S - освітлювана площа, m^2 ;

$$S = a \cdot b, \quad (14)$$

Де a – велика сторона приміщення;

b – менша сторона приміщення .

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		57

η - коефіцієнт використання світового потоку;

N - число світильників, для яких ведеться розрахунок.

Для визначення коефіцієнта використання світового потоку η необхідний так званий індекс приміщення i .

$$\frac{a}{b} \leq 2,5 \quad (15)$$

Тоді індекс розраховується по формулі:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (16)$$

Де h - розрахункова висота підвіски світильника над робочою поверхнею.

Оцінюючи коефіцієнт відбиття поверхні приймаємо тип стін, підлоги та стелі. Так наприклад для пасажирського купе:

Для чистої, білої стель $\rho_n = 70\%$;

Для бокових поверхонь стін $\rho_c = 50\%$;

Для світлої, нижньої робочої поверхні (столик) $\rho_n = 30\%$

По [27] (табл.6, ст.11) вибираємо коефіцієнт відбиття, $\eta = 46\%$ і розраховується світловий потік:

Необхідна освітленість приміщень вагону буде забезпечуватись при фактичному світловому потоці світильника не нижче розрахункового, тобто повинна виконуватись нерівність:

$$\frac{F_l \cdot w}{100} \geq F, \quad (17)$$

де F_l – світловий потік ламп в світильнику (залежить від кількості ламп : одна, дві або більше)1;

w - відсоток світлового потоку, що приходиться на нижню півсферу [27] (табл.3, ст.6).

Вибираємо світильник відповідного типу та технічними характеристиками.

Дальше обчислюють потрібну кількість ламп згідно формули :

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
						58
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$n = F / F_{л} \quad (18)$$

Метод питомої потужності

Метод питомої потужності вважають найбільш простим, однак і найменш точним, тому його застосовують лише при наближених розрахунках. Цей метод дозволяє визначити потужність кожної лампи $P_{л}$, B_T для створення в приміщенні нормованої освітленості.

Потужність лампи визначається із виразу:

$$P_{л} = P_{пит} \cdot \frac{S}{N}, \quad (19)$$

Де $P_{пит}$ – питома потужність лампи, яка може визначатися із наступних виразів:

$$P_{пит} = \frac{E_n \cdot K_3}{\eta} \quad \text{або} \quad P_{пит} = E_n \cdot m \cdot K_3 \quad \text{де} \quad \left(m = \frac{1}{\eta} \right) \quad (20)$$

де $P_{пит}$ – питома потужність, $Вт/м^2$;

S – площа приміщення, $м^2$;

N – число ламп в освітлювальній установці.

Необхідна для освітлення приміщення потужність визначається згідно виразу:

$$P_{осв} = \omega \cdot S \quad (21)$$

Необхідна кількість світильників

$$N_{св} = \frac{P_{осв}}{P_{л}}, \quad (22)$$

Відстань між окремими світильниками вздовж довшої сторони, м:

$$l = \frac{L_{л}}{N_{св} + 1} \quad (23)$$

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
						59
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Послідовність розрахунків за таким методом наступна:

1. Визначити значення питомої потужності ω за значенням нормативної освітленості, яка є задана або обумовлена санітарно-гігієнічними вимогами до приміщення
2. Обчислити площу приміщення, яке підлягає освітленню S .
3. Визначити за формулою (21) необхідну потужність для освітлення $P_{осв}$
4. Прийняти тип лампи (світильника), якими буде проводитись освітлення. Світильники обирають за довідковим матеріалом (або з будь якого іншого джерела, яке надає необхідну інформацію, як наприклад сайти виробників продукції) Характеристика, яка необхідна для розрахунків методом питомої потужності
 - потужність лампи (світловий потік);
 - геометричні розміри.
5. За формулою (22) визначити необхідну кількість світильників (заокруглення отриманого значення проводимо до більшого цілого значення).
6. За формулою (23) визначаємо відстань між світильниками при розміщенні вздовж довгої сторони приміщення L_T .

Точковий метод

Вхідними умовами для розрахунку точковим методом є довжина приміщення (або іншої освітлюваної території), висота підвісу світильника над робочою поверхнею та відстань між світильниками. Нормована освітленість може бути задана числовим значенням або типом території відповідно до [6] , яке потребує освітлення.

Результатом розрахунків є перевірка відповідності прийнятого освітлювального приладу вимогам забезпечення необхідної освітлюваності у найвіддаленішій точці.

Точковий метод застосовується при розрахунку освітлення приміщень, захищених устаткуванням і які мають затемнення, у випадку перевірки

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		60

освітленості окремих ділянок великих відповідальних приміщень, а також при розрахунку освітлень естакад, коридорів, відкатник виробок шахт, тунелів, доріг кар'єрів, сходів, зовнішнього освітлення на мінімальну освітленість, а для вагонів – при перевірці окремих частин вагону вимогам [4-6, 27]. При цьому приймають, що відбите світло не грає значної ролі. Для виконання розрахунку попередньо визначають варіант розміщення світильників, вибирають тип і потужність ламп. Для зовнішнього освітлення розташування світильників вибирають з урахуванням обмеження осліплюючої дії і висоти опор 6...10 м. Потім розраховують освітленість у контрольних точках, що характеризуються мінімальною освітленістю.

Принцип розрахунку освітленості в контрольній точці (із мінімальною освітленістю) показаний на рис.36.

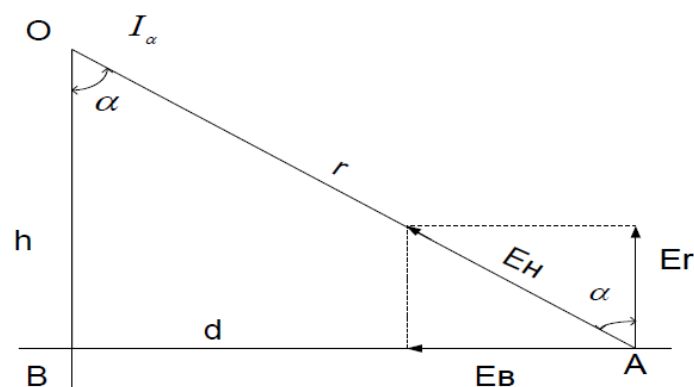


Рисунок 36 - Розрахункова схема для визначення освітленості точковим методом

Освітленість горизонтальної площини в точці визначається з залежності та відповідно виразу:

$$E_2 = \frac{c \cdot I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{k_3 \cdot h^2} \quad (24)$$

де I_α – сила світла світильника під кутом α , лк, α - кут нахилу променю, що падає в точку A, E_h - освітленість в точці A на площині перпендикулярній до падаючого променю.

Освітленість вертикальної площини в точці буде рівна:

$$E_B = E_z \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (25)$$

Сила світла I_a приймається з кривої розподілу сили світла для прийнятого типу світильника з умовною попередньо лампою, що має світловий потік $F_l = 1000$ лм. В розрахункову формулу введений коефіцієнт $C = F_l/1000$ лм, що враховує значення світлового потоку F_l прийнятої лампи.

Коефіцієнт запасу k_z приймається рівним: при лампах розжарювання для приміщень - 1,3...1,7; для зовнішнього освітлення - 1,3... 1,6; при газорозрядних лампах для приміщень - 1,5... 2,0; для зовнішнього освітлення - 1,5.

Якщо освітлення в розрахунковій точці створюється декількома світильниками, загальну освітленість знаходять як суму освітленостей $\sum E_{zi}$ від усіх світильників в розрахунковій точці.

Розрахунок вважається закінчений, якщо дотримується умова:

$$\sum_{i=1}^n E_{zi} \geq E_n \quad (26)$$

Якщо умова (26) не виконується, змінюється розташування світильників або потужність ламп і проводиться новий розрахунок.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		62

Метод комп'ютерного моделювання та розрахунку освітленості

Даний метод базується на попередніх трьох методах (вибір методу можна застосувати при методиці розрахунку в самій програмі), а програма моделює та розраховує необхідні світлотехнічні параметри відповідно до Європейських та світових норм.

DIALux – програма для планування та дизайну освітлення, що розробляється з 1994 року DIAL GmbH – Німецьким Інститутом прикладної світлотехніки.

Вона є безкоштовно і може використовувати дані світильників будь-яких виробників.

DIALux – одна з найефективніших програм для розрахунку освітлення на ринку програмного забезпечення. Вона враховує всі сучасні вимоги до дизайну та розрахунку освітлення. DIALux підтримує міжнародні та національні стандарти європейських країн

За допомогою відповідного інтерфейсу будується план приміщення (модиві стандартні вироби, а можливо і по власним розмірам). Розміщується обладнання, світильники (тип, кількість ламп та розміщення), люди та проводиться розрахунок по критеріям країн Євросоюзу, США або інших країн.

При цьому якщо розрахунки нас не задовільнили, то робимо перерахунок з новим типом світильника, ламп, розміщенням їх та інше.

Ця програма дозволяє швидко та оперативно розраховувати освітленість приміщень відповідно до поставлених задач.

Інтерфейс програми представлений на рисунку 37-40.

Технічні параметри світильника, лампи вибираються із каталогових , які є в окремих базах та вільним до доступу через мережу Internet.

Після вибору світильників можна візуалізувати розраховуване (проєктоване) приміщення та провести розрахунок.

Розрахунок буде мати наступний вигляд, який представлений на рисунку 42.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		63

- розглянуто питання більш швидшого та ефективнішого розрахунку освітлень, як приміщень вагона так і інших приміщень за допомогою комп'ютерного моделювання з перевіркою відповідності вимогам нормативних документів та підбором тих освітлювальних пристроїв, які задовільняють вимогам нормативно-технічної документації.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		67

3. АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЯ УКРАЇНИ, РОСІЇ ТА КРАЇН ЄС ЩО СТОСУЄТЬСЯ НОРМ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЇХ РОЗРАХУНКУ

3.1. Нормативна документація України

На залізницях України діють наступні нормативні документи:

1. ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. Зі зміною № 1
2. Памятка 555: Электрическое освещение в пассажирских вагонах
3. Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту. з змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 8 від 13.01.2016
4. СП 2.5.1198-03 Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Дата актуализации: 01.01.2021
5. ДСТУ UIC 555:2013 Електричне освітлення вагонів пасажирського рухомого складу. Технічні вимоги
6. ДСТУ 7773:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальні технічні вимоги

Відповідно до вище зазначених вимог до освітлення пасажирських вагонів ставлять наступні вимоги:

- безпечність;
- мінімальний вплив на живі організми;
- достатня освітленість;
- добра при аварійних режимах;
- сумісність з іншими системами електропостачання.

Відповідно до [5] устаткування пасажирських купе в вагонах повинно містити систему основного освітлення з режимом послабленого освітлення його в нічний час.

Для безпеки послаблене освітлення повинно залишатися увімкнутим (освітленість в купе можлива рівна 0, але система є увімкнена) після вимкнення основного освітлення, щоб пасажирське купе не залишалося у повній темряві.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		68

Залежно від вибраної конструкції система основного освітлення може мати два рівні освітленості:

- індивідуальна;
- загальна.

У вагонах 1-го класу з місцями для сидіння повинно бути передбачено індивідуальне освітлення для читання. Воно повинно вмикатись як у разі послабленого основного освітлення, так і за повного його вимкнення.

Рекомендовано встановлювати індивідуальні лампи для читання також і в вагонах 2-го класу з місцями для сидіння.

За будь-якого режиму основного освітлення має бути забезпечено роботу індивідуальних ламп для читання.

Індивідуальне освітлення не повинно доставляти незручностей пасажиром на суміжних та протилежних місцях.

Вимикач загального освітлення повинен бути розміщений зверху праворуч від дверей купе і позначений відповідною піктограмою згідно з UIC 413.

Флуоресцентні лампи загального освітлення має бути встановлено так, щоб пасажир не могли випадково їх торкнутися або пошкодити.

Додаткові лампи індивідуального освітлення згідно [5], які використовують як лампи для читання, має бути розміщено так:

- лампу для читання з направленим світлом розміщують у правих кутах кожного місця вагона 1-го класу над головою пасажиром;
- лампу для читання розміщують над кожним спальним місцем у спальних купе 1-го та 2-го класу.

Конструкція системи освітлення повинна забезпечувати освітленість, установлену в розділі 4 [5] та таблиці 1

Вимикачі або перемикачі лампи для читання (софіти) мають бути розміщені безпосередньо біля лампи або бути однією конструктивною частиною цієї лампи (світильника).

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		69

Конструкція ламп для читання, розміщених над сидіннями, повинна бути такою, щоб пасажери, які сидять навпроти, не засліплювались яскравим світлом цих ламп і не мали змоги бачити лампи розжарювання.

Рекомендовано використовувати такі форми плафона, які унеможливають накопичування пилу та конденсованої вологи.

Таблиця 1 – Параметри освітлення приміщень вагона в Україні

Найменування приміщення	Значення параметру освітлення, лк	Нерівномірність освітлення
1	2	3
1. Спальні вагони		
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги та відстані 0,6 м від спинки дивана та на поверхні столика, лк, не менше	≥150	0,7-1,3
- освітленість на горизонтальній площині від світильника місцевого освітлення на висоті 0,5 м від поверхні дивана та на відстані 0,6 м від світильника, лк, не менше	≥100	0,7-1,3
Вагони з кріслами для сидіння		
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги та відстані 0,6 м від спинки крісла та на поверхні столика, лк, не менше - освітленість на підлозі, лк, не менше	≥150 ≥50	0,7-1,3
2. Загальні приміщення вагонів		
1. Службове купе		
- освітленість на робочому столі, лк, не менше	≥ 150 (120)	0,7-1,3

Продовження таблиці 1

Найменування приміщення	Значення параметру освітлення, лк	Нерівномірність освітлення
1	2	3
- освітленість на вертикальній площині на електрощиті, лк, не менше	≥ 100	0,7-1,3
2. Туалет	-	
- освітленість на вертикальній площині на висоті 1,5 м від підлоги та на відстані 0,3 м від дзеркала, з боку дзеркала, лк, не менше	≥ 100	відсутні
- освітленість на підлозі, лк, не менше	≥ 50	відсутні
3. Коридори, освітленість на підлозі, лк, не менше	-	
- великий коридор,	≥ 50	0,5-2,5
- малий коридор	≥ 30	
4. Тамбури	-	відсутні
- освітленість на підлозі, лк, не менше	≥ 20	відсутні
5. Ступені при вході в вагон (крім поштового)	-	
- освітленість на нижній ступені, лк, не менше	≥ 10	відсутні
6. Котельне відділення	-	
- освітленість на вертикальній площині на контрольних приладах, лк, не менше	30	відсутні
Аварійна освітленість приміщень вагона		
- освітленість на підлозі основних проходів, лк, не менш	$\geq 1,0$	відсутні
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги, лк, не менше	≥ 100	відсутні

Відповідно до [5] в приміщеннях вагонів локомотивної тяги повинні передбачатися наступні види штучного освітлення:

- освітлення безпеки – освітлення для продовження роботи під час аварійного відключення робочого освітлення;
- евакуаційне освітлення – освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному вимкненні робочого освітлення;
- чергове освітлення – освітлення у неробочий час;
- комбіноване освітлення – освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве освітлення;
- місцеве освітлення - це додаткове до загального освітлення, створюване світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо у місцях розташування пасажирів (софіти, ліхтарі в службових приміщеннях);
 - загальне освітлення – освітлення, у якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення);
 - робоче освітлення – освітлення, що забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) у приміщеннях.

Управління роботою освітлення в вагонах локомотивної тяги відповідно до має здійснюватися провідником на щиті управління, встановленому у службовому відділенні вагона чи тамбурі. При несправній системі енергопостачання чергове освітлення має функціонувати як аварійне.

Відповідно до [5] пасажирські приміщення (салон, коридори або купе) повинні мати систему загального освітлення, інтенсивність якого може бути зменшена у нічний час.

Для безпеки і щоб не допустити повної темряви в салоні вагона (коридори, туалети, тамбура), при вимкненні загального освітлення повинно бути включеним чергове освітлення. Ця вимога не поширюється на купе спальних пасажирських вагонів.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		72

Вимикач загального освітлення купе повинен розташовуватися на пульті керування, праворуч від дверей (допускається над дверима), позначатися піктограмою, наведеною в [5].

Світильники загального освітлення повинні розташовуватися таким чином, щоб не створювати незручності пасажиром та мати легкий та зручний доступ для їх обслуговування.

Для освітлення службових приміщень вагонів локомотивної тяги – великих та малих бічних коридорів, тамбурів, туалетів, умивальних повинно передбачатися вмикання з пульта керування, одночасно із системою загального освітлення та забезпечувати роботу також при черговому освітленні.

При загальному освітленні рівень освітленості службових приміщень має відповідати прийнятим нормам. При черговому освітленні освітленість має становити щонайменше 50% від нормованої величини і для коридору повинен в нічну пору складати 15 лк.

У тамбурах відповідно до [5] світильники повинні встановлюватися таким чином, щоб забезпечувалася достатня освітленість перехідних майданчиків та сходів під час посадки пасажирів у вагон та висадки з нього.

В туалетах та умивальних кімнатах (душових) світильники відповідно до [5] рекомендується встановлювати у центрі стелі або на стіні над дзеркалом за умови забезпечення достатнього рівня освітленості в цілому приміщенні відповідно до нормативних значень.

Рекомендується, щоб конструкція світильників службових приміщень відповідала вимогам [5].

Освітленість у пасажирських приміщеннях повинна бути такою, щоб пасажир, які перебувають на своїх місцях, мали змогу читати, займатись особистими питаннями в КПК, смартфоні, та інших гаджетах. Показчик місць у купе має бути освітлений. Мінімальна середня освітленість у пасажирських салонах (купе) вагонів усіх класів має становити:

- 150 лк – при освітленні люмінесцентними лампами;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		73

- 120 лк – при освітленні лампами розжарювання;
- коефіцієнт однорідності не повинен бути меншим, ніж 1,3.

Рівень освітленості в інших приміщеннях вагона, у порівнянні з пасажирським приміщенням, повинен орієнтовно відповідати таким співвідношенням:

- у бічних коридорах: $\frac{1}{4}$ початкового показника;
- у тамбурі, біля входних дверей, як мінімум: $\frac{1}{2}$ початкового показника;
- у умивальних кімнатах: $\frac{1}{1}$ початкового показника.

Вимірювання рівня освітленості проводять в наступних місцях пасажирських вагонах відповідно до [5]:

- у пасажирських приміщеннях: у горизонтальній площині, на висоті 0,80 м від підлоги та на відстані 0,60 м від спинки сидіння;
 - по центру щодо бічних обмежувачів сидіння;
- у бічних коридорах: у горизонтальній площині, між дверима купе, на висоті 0,80 м від підлоги, по центру ширини коридору, при включеному в купе освітленні та закритих завісах на перегородках між коридором та купе;
- у тамбурах: біля входних дверей, у горизонтальній площині на висоті 0,80 м від підлоги;
- у туалетах та умивальних кімнатах: у горизонтальній площині, у центрі приміщення, на висоті 1,50 м від підлоги.

Допускається визначення рівня освітленості відповідно до чинних національних стандартів кожної країни але даний рівень при вимірюваннях повинен бути вищим.

Вимірювання проводиться у темну пору доби за допомогою спеціального пристрою - люксметра при номінальній напрузі мережі, яка контролюється на щиті управління у службовому купе.

Для уникнення засліплення необхідно робити перевірку яскравості джерел світла у напрямку очей пасажирів відповідно яскравості навколишніх поверхонь (стіл, стелі вагона)- з врахуванням коефіцієнтів відбиття.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		74

Рекомендовані гранично допустимі норми освітленості окремих поверхонь пасажирських, службових та допоміжних приміщень пасажирського вагона вказані в [5].

Монтаж системи освітлення (проводів) виконують за двопровідною схемою, ізольовано від корпусу вагона яка повинна мати сигналізацію про зниження опору ізоляції щодо корпусу на пульті управління.

3.2 Нормативна документація країн Таможного союзу

Тут слід керуватись декількома документами:

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава»
2. «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте» СП 2.5.1198 – 03.
3. ГОСТ Р 55182-2012 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования»

Відповідно до п. 42 [30] : локомотиви, моторвагонний рухомий склад, пасажирські вагони, ізотермічні вагони зі службовими та допоміжними приміщеннями та спеціальний залізничний рухомий склад повинні бути обладнані системами загального, місцевого та аварійного освітлення. Система аварійного освітлення має автоматично перемикатися на автономне джерело живлення (акумуляторну батарею) за відсутності напруги в основному джерелі живлення. При цьому має бути передбачена можливість ручного увімкнення аварійного освітлення.

Відповідно п.45 [30] усі внутрішні частини залізничного рухомого складу що вимагають огляду, налаштування та технічного обслуговування, та при необхідності зовнішнє робоче обладнання повинні мати додаткове освітлення.

Дальше потрібно користуватись постанови СП 2.5.1198-03 [34], яка висуває такі вимоги до освітлення вагонів:

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		75

– вікна пасажирських вагонів повинні мати дво-трьохшарове скління плоским безпечним склом, забезпечувати достатню видимість та природне освітлення, звукову та теплову ізоляцію відповідно до санітарно-гігієнічних вимог до влаштування, обладнання та експлуатації пасажирських вагонів локомотивної тяги та вагонів-ресторанів. Допускається застосування також і тонованого скла;

– штучне освітлення вагонів має забезпечувати достатню освітленість, не створювати відбитої блискості та різких контрастів. Для захисту пасажирів та обслуговуючого персоналу від впливу прямих сонячних променів вікна вагона слід обладнати світлозахисними пристроями (шторками, занавісками).

Відповідно до СП 2.5.1198-03 [34] в приміщеннях пасажирських вагонів мають бути передбачені такі види штучного освітлення: робоче та аварійне. Спальні місця пасажирів та обслуговуючого персоналу, за винятком пасажирських відсіків третього класу, повинні мати місцеве освітлення. Для створення штучного освітлення повинні використовуватися люмінесцентні лампи, близькі до денного за спектром та інші види світлових приладів, допущених до застосування в установленому порядку. Нові джерела світла (світлодіоди) допускаються до використання в системі загального штучного освітлення в пасажирських і службових приміщеннях, а також в окремих точках (доріжки, що світяться при аварійному виході, сходи при вході у вагон) вагонів локомотивної тяги;

Всі світлові прилади, якв призначені для експлуатації разом із світлодіодами або пристроями LED-ламп, повинні мати захисний кут, що виключає попадання в поле зору прямого випромінювання. Не допускається наявність у спектрі випромінювання хвиль завдовжки менше 400 нм.

Електропостачання світильників із люмінесцентними лампами повинно здійснюватися від джерел змінного струму із частотою не менше 400 Гц, для чого необхідно передбачити відповідні перетворювачі.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		76

Відповідно до СП 2.5.1198-03 [34] необхідно передбачити штучне освітлення неопалюваних та допоміжних приміщень (тамбурів, котельних відділень, комор).

Для всіх пасажирських вагонів має бути передбачене аварійне освітлення для евакуації людей із освітленістю на підлозі не менше 1 лк [34].

В пасажирських вагонах другого та третього класу загальне освітлення має бути виконане світильниками із люмінесцентними лампами. Допускається освітлення лампами розжарювання або освітлювальними установками зі світлодіодами білого кольору світіння з кореляційною температурою кольору від 2400 °К до 5500 °К. Для обладнання освітлення тамбурів та інших приміщень, що не опалюються, повинні бути встановлені світильники, що забезпечують нормативний рівень освітленості за кліматичних умов експлуатації, встановлених технічною документацією або ТУ. Аварійне освітлення має бути виконане лампами розжарювання або світлодіодами білого кольору світіння з колірною корельованою температурою від 2400 до 6800 °К, підключеними до незалежного джерела живлення, і перемикатися на нього автоматично при раптовому відключенні робочого освітлення. Світильники зі світлодіодами можуть також застосовуватися для позначення доріжок, що світяться, аварійних виходів, сходинок і т.п. Світлотехнічні прилади, призначені для експлуатації зі світлодіодами, повинні мати захисний кут, що унеможливило попадання в поле зору прямого випромінювання світлодіодного джерела. Не допускається застосування світлодіодів, у діапазоні випромінювання яких довжина хвиль менше 400 нм. Світильники повинні забезпечувати рівномірне освітлення приміщення. Нерівномірність освітлення (ставлення максимальної освітленості до мінімальної) має становити 2:1.

Всі інші параметри по освітленню вагонів для країн Таможенного союзу (Російської Федерації, Білорусії, Казахстану) представленні в табл.2

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		77

Таблиця 2 - Параметри штучного освітлення пасажирських вагонів ТС

Найменування показника	Значення показника, лк
1	2
1. Робоче освітлення	
1.1. Спальні вагони	-
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги та відстані 0,6 м від спинки дивана та на поверхні столика, лк, не менше	150
- освітленість на горизонтальній площині від світильника місцевого освітлення на висоті 0,5 м від поверхні дивана та на відстані 0,6 м від світильника, лк, не менше	100
1.2 Вагони з кріслами для сидіння	-
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги та відстані 0,6 м від спинки крісла та на поверхні столика, лк, не менше	150
- освітленість на підлозі, лк, не менше	50
2. Загальні приміщення вагонів	-
2.1. Службове купе	-
- освітленість на робочому столі, лк, не менше	150
- освітленість на вертикальній площині на електрощиті, лк, не менше	100
2.2. Туалет	-
- освітленість на вертикальній площині на висоті 1,5 м від підлоги та на відстані 0,3 м від дзеркала, з боку дзеркала, лк, не менше	100
- освітленість на підлозі, лк, не менше	50
2.3. Коридори, освітленість на підлозі, лк, не менше	-
- великий коридор,	50
- малий коридор	30

Продовження таблиці 2

Найменування показника	Значення показника, лк
1	2
2.4. Тамбури	-
- освітленість на підлозі, лк, не менше	20
2.5. Ступені при вході в вагон (крім поштового)	-
- освітленість на нижній ступені, лк, не менше	10
2.6. Котельне відділення	-
- освітленість на вертикальній площині на контрольних приладах, лк, не менше	30
2. Аварійна освітленість приміщень вагона	-
- освітленість на підлозі основних проходів, лк, не менш	1,0
- освітленість на горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги, лк, не менше	100

3.3 Нормативна документація країн ЄС

Даний розділ буде базуватись на наступних нормативних документах, а саме :

1. EN 13272-1 Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems - Part 1: Heavy rail
2. О+Р 550/1 «Электрическое освещение пассажирских вагонов, III издание, 2006 г.- 24с.
3. Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union.
4. EN 16186-2:2017 Railway applications. Driver's cab Integration of displays, controls and indicators

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		79

Основним документом, який визначає вимоги до основних параметрів є EN 13272-1.

Відповідно він має певні відхилення (зміни) під кожного оператора але за умови, коли перевезення здійснюються тільки в межах однієї країни.

Так ця європейська норма EN 13272 має два підвиди 1- стосується важкого рейкового транспорту; 2- міського рейкового транспорту.

Відповідно до EN 13272-1 розрізняють наступні типи освітлення:

- загальне освітлення (освітлення приміщення, призначене для нормальної роботи);

- чергове освітлення (стан освітлення нижче рівня загального освітлення, передбаченого протягом зазначеного терміну, прийом постачання і облік або реєстрація переривань)

- аварійне освітлення (освітлення передбачено протягом певного мінімального терміну при виході з ладу загального або резервного освітлення);

- знижене освітлення (рівень освітленості як конструктивна особливість для комфорту пасажирів та енергозбереження є пониженим).

Вимоги, яким має відповідати система освітлення, ґрунтуються на наступних критеріях:

- освітленість;

- однорідність;

- обмеження відблисків;

- колірна температура та кольоропередача.

Загальне освітлення має відповідати значенням, зазначеним у таблиці 3 або таблиці 4.

За погодженням між підрядниками (адміністраціями залізниць) допускається адаптація загальної системи освітлення до навколишнього освітлення за умови, що вклад загальної системи освітлення плюс вклад зовнішнє освітлення досягає значень, зазначених у таблиці 3 або таблиці 4.

Загальне освітлення має забезпечуватися за нормальної роботи без перебоїв.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		80

Для високошвидкісних та поїздів далекого сполучення, у разі відключення основного джерела живлення, загальне освітлення надається терміном щонайменше 10 хв.

Система освітлення може задовольняти зазначеним вимогам лише в тому випадку, якщо всі критерії, згадані вище, було дотримано та враховано.

Залежно від типу та рівня складності зорового завдання орієнтації сидячих місць або типу приміщення, що освітлюється, пріоритет може бути відданий одному або декільком з цих критеріїв.

Всі ці вимоги в висвітлено в наступному розділі та відображаються в памятках ОСЖД 550.

Таблиця 3 - Параметри штучного освітлення високошвидкісних та пасажирських вагонів далекого сполучення згідно EN 13272-1

Розміщення	Освітленість , лк	Однорідність
1	2	3
Для сидячих місць де відсутня додаткова лампа	≥ 150	0,7-1,3
Туалети	≥ 100	відсутній
Туалети, умивальники	≥ 150	відсутній
Підніжки та ступеньки	≥ 75	0,8-1,2
Багатофункціональні переходи	≥ 75	0,5-2,5
Табло інформаційне	≥ 150	0,7-1,3
Проходи коридорні	≥ 50	відсутній
Робочий стіл з світильником	≥ 100	0,7-1,3
Робочі поверхні без додаткових освітлення	≥ 150	0,7-1,3

Таблиця 4 - Параметри штучного освітлення пасажирських вагонів місцевого сполучення згідно EN 13272-1

Розміщення	Освітленість , лк	Однорідність
1	2	3
Зони сидіння	≥ 150	0,7-1,3
Зони стоячих місць і проходи	≥ 50	0,5-2,5
Проходи на рівні підлоги	≥ 50	0,5-2,5
Проходи на рівні 0,8 м від підлоги	≥ 75	0,5-2,5
Ступені транспортного засобу	≥ 75	відсутні
Вестибюлі	≥ 75	0,8-1,2

3.4 Нормативна документація відповідно до вимог інтероперабельності

Даний розділ буде базуватись на наступних нормативних документах, а саме :

- О+Р 550/1. Электрическое освещение пассажирских вагонов;
- ДСТУ UIC 555:2013 Электричне освітлення вагонів пасажирського рухомого складу. Технічні вимоги ;

- EN 13272-1

- Рабочий докумен (17/04/2013 v 0.10). Анализ параметров, являющихся определяющими для сохранения технической и операционной совместимости железнодорожной системы колеи 1520 мм и 1435 мм на границе стран СНГ-ЕС. Подсистема: подвижной состав. Пассажирские вагоны. 2013- 192с.

Основне обладнання

Кожен пасажирський вагон в міжнародному сполученні відповідно до [28] має бути оснащений електричним освітлювальним обладнанням.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		82

Всі вимоги до пристроїв енергопостачання освітлювальних приладів також викладені в Пам'ятці 550 та ТУ на вагон.

У кожному вагоні міжнародному сполученні має бути передбачена система аварійного освітлення.

Відповідно до [28] в приміщеннях пасажирських вагонів локомотивної тяги: салонах, купе, коридорах, службових відділеннях, вагонах-ресторанах, у буфетних відділеннях, тамбурах, туалетах, сортувальних залах поштових вагонів повинні передбачатися наступні види штучного освітлення :

- освітлення безпеки – освітлення для продовження роботи під час аварійного відключення робочого освітлення;
- евакуаційне освітлення – освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному вимкненні робочого освітлення;
- чергове освітлення – освітлення у неробочий час;
- комбіноване освітлення – освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве освітлення;
- місцеве освітлення - це додаткове до загального освітлення, створюване світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо у місцях розташування пасажирів (софіти, ліхтарі в службових приміщеннях);
 - загальне освітлення – освітлення, у якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення);
 - робоче освітлення – освітлення, що забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) у приміщеннях.

Управління роботою освітлення відповідно до має здійснюватися наступним чином для двох варіантів:

1. В поїздах, які не обслуговуються поїзними бригадами;
2. В поїздах, що обслуговуються поїзними бригадами

Так у поїздах, які не обслуговуються поїзними бригадами керування здійснюється дистанційно, одночасно у всіх вагонах; - у вагонах поїздів. Відмінним є у поздах, що обслуговуються поїзними бригадами, а саме –

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		83

провідником на щиті управління, встановленому у службовому відділенні вагона чи тамбурі.

Управління освітленням пасажирських купе та купе відпочинку провідників має здійснюватися з пульта керування купе при включеному освітленні вагона.

При несправній системі енергопостачання чергове освітлення має функціонувати як аварійне.

Освітлення пасажирських приміщень

Відповідно до [28] пасажирські приміщення (салон або купе) повинні мати систему загального освітлення, інтенсивність якого може бути зменшена у нічний час. Залежно від проекту самого вагона, у системах загального освітлення регулювання інтенсивності освітленості може забезпечуватися двома рівнями, а нових встановлюють так звану адаптивну систему, яка реагує на освітлення поза межами вагона.

З метою безпеки, щоб не допустити повної темряви в салоні вагона, при вимкненні загального освітлення має залишатися включеним чергове освітлення. Ця вимога не поширюється на купе спальних пасажирських вагонів, куди неможливий доступ сторонніх осіб, за винятком митниці, паспортного контролю.

Вимикач загального освітлення купе повинен розташовуватися на пультах керування, праворуч від дверей (допускається над дверима), позначатися піктограмою, наведеною в Додатку А [28], та забезпечувати роботу світильників при загальному та черговому освітленні.

Світильники загального освітлення повинні розташовуватися таким чином, щоб не створювати незручності пасажирам та мати легкий та зручний доступ.

Усі пасажирські місця всіх вагонів першого класу повинні обладнатись місцевим освітленням – індивідуальними світильниками для читання. 3.6 Рекомендується оснащення індивідуальними світильниками для читання всіх пасажирських місць вагонів другого класу. Відповідно до вимог [28]

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		84

індивідуальні світильники для читання у вагонах першого класу повинні розташовуватись над сидіннями крісел пасажирів. У спальних вагонах першого та другого класу світильник для читання повинен розташовуватись на поздовжній стіні, над кожним місцем.

Конструкція світильників для читання, розташованих над кріслами, не повинна допускати засліплення пасажирів, які сидять навпроти, а також повинна унеможливити попадання в поле зору пасажирів безпосереднього джерела світла (лампи).

Вимикач світильника для читання повинен розташовуватися в безпосередній близькості від світильника або бути безпосередньо елементом при монолітному виконанні світильника.

Конструкція світильників повинна не допускати скупчення пилу та конденсату всередині світильника, щоб виключити з ладу світильник.

У випадку, якщо світильники для читання обладнують вагони другого класу з місцями для сидіння, ці світильники повинні відповідати вимогам, викладеним у пункті 3.9 – 3.10 [28].

Освітлення службових приміщень

Для освітлення службових приміщень вагона – великих та малих бічних коридорів, тамбурів, туалетів, умивальних повинно передбачатися вмикання з пульта керування, одночасно із системою загального освітлення та забезпечувати роботу також при черговому освітленні.

При загальному освітленні рівень освітленості службових приміщень має відповідати прийнятим нормам. При черговому освітленні освітленість має становити щонайменше 50% від нормованої величини і для коридору повинен в нічну порк складати 15 лк.

Дозволяється встановлення світильників у бічних коридорах здійснюється але потрібно враховувати збіг поздовжніх осей коридорів та світильників.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		85

У тамбурах відповідно до [28] світильники повинні встановлюватися таким чином, щоб забезпечувалася достатня освітленість перехідних майданчиків та сходів під час посадки пасажирів у вагон та висадки з нього.

В туалетах та умивальних кімнатах (душових) світильники рекомендується встановлювати у центрі стелі або на стіні над дзеркалом за умови забезпечення достатнього рівня освітленості в цілому приміщенні відповідно до нормативних значень.

Рекомендується, щоб конструкція світильників службових приміщень відповідала вимогам п. 3.10 [28].

Значення рівнів освітленості по приміщення вагона

Освітленість у пасажирському приміщенні має бути такою, щоб пасажирі, які перебувають на своїх місцях, мали змогу читати. Показчик місць у купе має бути освітлений. Мінімальна середня освітленість у пасажирських салонах (купе) вагонів усіх класів має становити:

- 150 лк – при освітленні люмінесцентними лампами;
- 120 лк – при освітленні лампами розжарювання;
- коефіцієнт однорідності не повинен бути меншим, ніж 1:1,3.

Коефіцієнт однорідності освітленості визначається як відношення, наведене нижче: рівень освітленості найбільш несприятливого місця; середній рівень освітленості

Середній рівень освітленості обчислюється, як середнє арифметичне всіх вимірів в одному приміщенні на одній висоті (рівень підлоги, очей, робоча поверхня стола, тощо).

Рівень освітленості в інших приміщеннях вагона, у порівнянні з пасажирським приміщенням, повинен орієнтовно відповідати таким співвідношенням:

- у бічних коридорах: 25%;
- у тамбурі, біля вхідних дверей, як мінімум: 50%;
- у умивальних кімнатах: 100%.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		86

Вимірювати рівень освітленості в наступних місцях в пасажирських вагона для міжнародних перевезень потрібно робити в наступних місцях:

- у пасажирських приміщеннях: у горизонтальній площині, на висоті 0,80 м від підлоги та на відстані 0,60 м від спинки сидіння;
- по центру щодо бічних обмежувачів сидіння;
- у бічних коридорах: у горизонтальній площині, між дверима купе, на висоті 0,80 м від підлоги, по центру ширини коридору, при включеному в купе освітленні та закритих завісах на перегородках між коридором та купе;
- у тамбурах: біля вхідних дверей, у горизонтальній площині на висоті 0,80 м від підлоги;
- у туалетах та умивальних кімнатах: у горизонтальній площині, у центрі приміщення, на висоті 1,50 м від підлоги.

Допускається визначення рівня освітленості відповідно до чинних національних стандартів кожної країни, але даний рівень при вимірюваннях повинен бути вищим.

Вимірювання проводиться у темну пору доби за допомогою спеціального пристрою - люксметра при номінальній напрузі мережі, яка контролюється на щиті управління у службовому купе.

Для уникнення засліплення необхідно перевіряти, щоб яскравість джерел світла у напрямку очей пасажирів відповідала яскравості навколишніх поверхонь (стін, стелі вагона).

Рекомендовані гранично допустимі норми освітленості окремих поверхонь пасажирських, службових та допоміжних приміщень пасажирського вагона вказані в Додатку Б [28].

Монтаж системи освітлення (проводів)

Система освітлення повинна виконуватись за двопровідною схемою, ізольовано від корпусу вагона та мати сигналізацію про зниження опору ізоляції щодо корпусу вагона та мати індикацію на пульті управління. Принцип прокладання проводів для системи освітлення повинен бути таким, щоб

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		87

забезпечувати можливість їх заміни без демонтажу, в разі ушкодження, конструкцій кузова, що захищають.

Електричні дроти по вагону повинні прокладатися в трубах або спеціальних коробах і мати міцну, морозостійку і термостійку, стійку до нафтопродуктів і ізоляцію, що не поширює горіння. Перелік перметрів дротів та кабелів визначається вимогами ДСТУ та ТУ на вагон.

Труби повинні надійно кріпитися скобами; вібрація труб неприпустимою. На кінцях металевих труб (коробів) повинні встановлюватися ущільнювальні гайки, гумові або капронові втулки, що виключають торкання дротів про гострі кромки для унеможливлення замикання. Конструкція коробка повинна виключати торкання проводів про гострі кромки всередині.

Вимоги до світильників

Відповідно до цього ставлять наступні вимоги до встановлення та розміщення елементів мережі освітлення, способи їх встановлення

Світильники повинні забезпечувати зручний доступ для технічного обслуговування та ремонту. Світильники з люмінесцентними лампами рекомендується встановлювати у наступних приміщеннях вагона:

- пасажирських купе (салоні);
- службове купе;
- купе відпочинку провідника;
- коридорі;
- туалетах;
- тамбури.

Світильники з люмінесцентними лампами повинні мати індивідуальні перетворювачі струму.

Світильники з лампами розжарювання рекомендується використовувати:

- у стельових світильниках (для чергового та аварійного освітлення) – у комбінації з люмінесцентними лампами;
- у світильниках електророзподільної шафи;

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		88

- у світильниках хвостових сигнальних ліхтарів;
- у світильниках тамбурів, котельного приміщення, комор для пошти та багажу, а також для освітлення підвагонного обладнання, якщо це передбачено конструкцією вагона.

Дозволяється відповідно до [28] використання малопотужних (6-8 Вт) люмінесцентних ламп з індивідуальними перетворювачами у стельових світильниках для чергового та аварійного освітлення.

Освітлення допоміжних приміщень (крім неопалюваних): туалети, кухні вагонів-ресторанів можуть освітлюватися як світильниками з люмінесцентними лампами, так і світильниками з лампами розжарювання.

У світильниках необхідно встановлювати лампи, які відповідають вимогам міжнародних стандартів. Так згідно плану енергозаощадження у ЄС до 2025 року мають перестати випускати неекономічні лампи розжарювання а переходити на світлодіодні.

Відповідно до [28] рекомендується, щоб електрична потужність, яка споживається для освітлення одного купе, не перевищувала 150 Вт.

При установці ламп у закриті світильники, їх корпуси повинні бути пилозахисними та забезпечувати вільний доступ до ламп та додаткових пристроїв для обслуговування та заміни.

У світильниках повинні використовуватися джерела світла у транспортному виконанні, негорючі або самозагасні матеріали з врахуванням екологічних та санітарно-гігієнічних показників безпеки.

Всі каркаси та рами освітлювальної арматури повинні виконуватись із металу або металевої стрічки, укріпленої вздовж арматури, якщо вона виконана не з металу. Використання інших спеціальних пристроїв для кріплення ламп не допускається.

Рекомендується, щоб під час роботи лампи та перетворювача в діапазоні температур від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$ при величині напруги, що знаходиться в допустимих межах, лампи загорялися і стійко світилися

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		89

Система аварійного освітлення

Для систем аварійного освітлення передбачити автономні (автоматичність)* увімкнення у разі несправностей у системі енергопостачання вагона. Усі лампи аварійного освітлення повинні бути частиною загального освітлення. Живлення ламп аварійного освітлення повинне забезпечуватися від незалежного джерела живлення (безпосередньо від акумуляторів), оминаючи централізовані перетворювачі. Допускається використання індивідуальних перетворювачів - по одному не більше ніж на дві лампи при використанні світильників з люмінесцентними або світлодіодними лампами

Лампи аварійного освітлення повинні автоматично перемикатися на живлення від незалежного джерела живлення при раптовому вимкненні робочого або чергового освітлення.

Лампи аварійного освітлення відповідно до [28] повинні підключатись як мінімум до двох електророзподільних ланцюгів з індивідуальними, незалежними запобіжниками.

Систему аварійного освітлення вагона дозволяється здійснювати живитися як від власної акумуляторної батареї, так і від сусіднього вагона окремим низьковольтним міжвагонним з'єднанням, якщо це передбачено конструкцією вагонів.

При живленні аварійного освітлення від акумуляторної батареї система повинна бути працездатною протягом 5 годин і забезпечувати мінімальне освітлення, необхідне для того, щоб пасажери мали можливість пересуватися вагоном, залишати його і, зокрема, розпізнавати можливі перешкоди при цьому освітленість підлоги у напрямку виходу з вагона повинна забезпечуватись на рівні 2 лк, бути рівномірною, щоб забезпечувати хорошу видимість. Для досягнення цієї мети довжина слабо освітлених частин вагона в напрямку виходу, де інтенсивність освітленості становить менше ніж 1/10 максимальної інтенсивності сусіднього джерела світла, не повинна перевищувати одного метра, як зазначено

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		90

в Додатку Е [28]. Вище зазначені та перераховані вимоги повинні забезпечуватися при роботі розрядженої акумуляторної батареї протягом усього періоду автономної роботи відповідно до пам'ятки O+P 550/1. Для забезпечення цих вимог необхідно припинити роботу споживачів зарядки батареї рекомендується відключити джерела споживання у наступній послідовності: - припливний вентилятор – негайно, не пізніше ніж через 1 хвилину; - індивідуальні світильники для читання – за 10 хвилин; - 50% ламп загального режиму освітлення – за 30 хвилин; - інші лампи загального режиму освітлення – через 2 години.

3. 5 Висновки

Відповідно до опрацьованого матеріалу можна зробити висновки:

- практично всі значення освітленості як в Україні так і в країнах ЄС відповідають одні одним же значенням;
- відсутня інформація в вітчизняних норм про температуру світла, так як в згідно EN 13272-1 є рекомендації обмежень до 5000К;
- в вітчизняних документах відсутня інформація та нормативні посилання на стандарти ISO, DIN, тому виникає питання звідки взяті величини;
- в документах України відсутні методики перевірки та оцінки параметрів нерівномірності освітлення та визначення температури освітлення;
- не гармонізовані деякі документи з світовим , хоча посилання на них є, а санітарні норми для вітчизняних вагонів прописані під старі стандарти.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
						91
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРИМІЩЕНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

4.1 Загальні положення та вимірювальні схеми

При виконанні даного розділу враховуючи нормативні документи та наукові роботи в галузі досліджень по вимірюванню освітленості [4-6, 27, 28] мною було розроблені таблиці вимірювань з врахуванням вище наведених документів.

В загальному вимірювальна схема [29] освітленості купе представляє собою (див. рис 42)

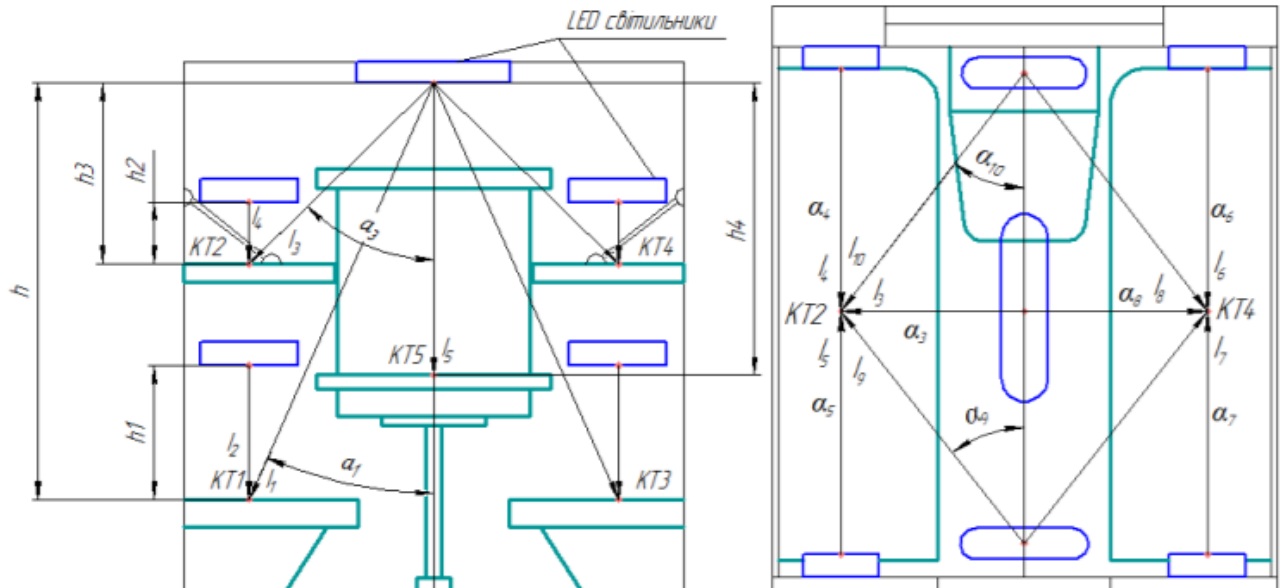


Рисунок 42 - Вимірювальна схема освітленості купе

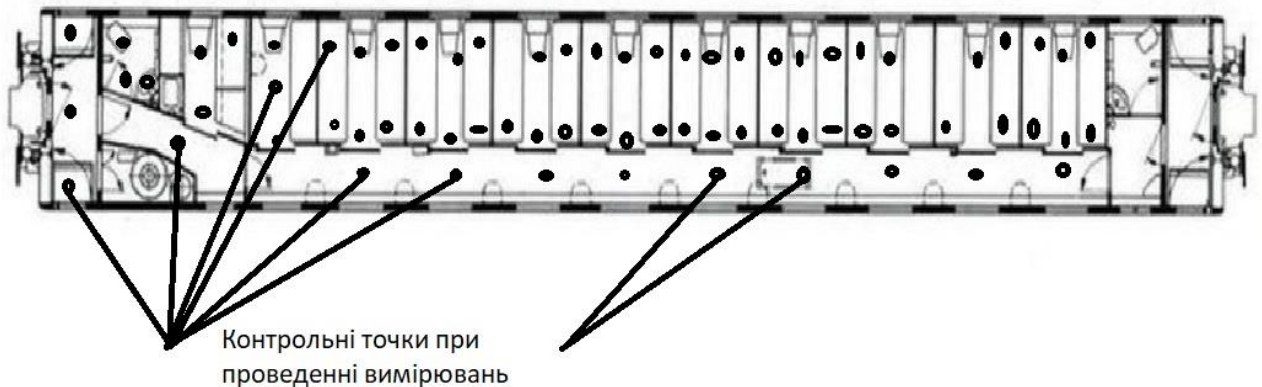


Рисунок 43 - Вимірювальна схема точок по вагону

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
----	-------	---------	--------	------

0031.206532.ДМР.2021.001

Арк.

92

Вимірювання освітленості проводили двома люксметрами Ю116 та LX1010B. Перший люксметр – це є аналогового типу і він рекомендується нормативними документами при вимірюванні освітленості. Другий менш точний, цифровий. Загальний вигляд люксметрів приведений на рис. та рис. відповідно.



Рисунок 44 - Загальний вид люксметра типу Ю-116



1 - . Дисплей; 2 - Вимикач живлення; 3 - Перемикач діапазонів вимірювання;
4- Оптичний датчик

Рисунок 45 - Загальний вид люксметра типу LX1010B

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		93

Люксометр Ю-116 складається з вимірювача люкметра та окремого фотоелемента з насадками. На передній панелі вимірювача є кнопки перемикача та табличка зі схемою, що зв'язує дію кнопок та використовуваних насадок з діапазонами вимірювань.

Прилад магнітоелектричної системи має дві шкали: 0-100 та 0-30. На кожній шкалі крапками відзначено початок діапазону вимірів: на шкалі 0-100 точка знаходиться над позначкою 20, на шкалі 0-30 точка знаходиться над позначкою 5.

Прилад має коректор для встановлення стрілки у нульове положення. На бічній стінці корпусу вимірювача розташована вилка для приєднання селенового фотоелемента.

Селеновий фотоелемент знаходиться в пластмасовому корпусі і приєднується до вимірювача шнуром розеткою, що забезпечує правильну полярність з'єднання. Довжина кабелю - 1,5 м. Світлочутлива поверхня фотоелемента становить близько 30 см².

Для зменшення косинусної похибки застосовується насадка на фотоелемент, що складається з півсфери, виконаної з білої світлорозсіюючої пластмаси, та непрозорого пластмасового кільця, що має складний профіль. Насадка позначена літерою К, нанесеною на її внутрішній бік. Ця насадка застосовується не самостійно, а разом із однією з трьох інших насадок, мають позначення М, Р, Т. Кожна з цих трьох насадок спільно з основною насадкою утворює три поглиначі із загальним номінальним коефіцієнтом ослаблення 10, 100, 1000 та застосовується для розширення діапазонів вимірювань.

Люксометр LX1010В складається : 1 - дисплей; 2 - вимикач живлення; 3 - перемикач діапазонів вимірювання; 4- оптичний датчик.

Ззаду корпусу розміщений відсік , де знаходиться батарея (джерело живлення).

Вимірювання проводять шляхом знімання захисного кожуху на датчику, та перемикача діапазонів вимірювань у відповідну категорію. Є перемикач кнопка Hold, яка «заморожує» виміряні значення освітленості, ON – увімкнення пристрою, OFF – вимкнення пристрою.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		94

4.2 Вимірювання освітленості в пасажирських вагонах виробництва КВБЗ

Всі виміряні значення виміряні за допомогою люксметра типу LX1010B, схем рис. 43 та рис. 44 та приведені в таблицях 5 та 6.

Таблиця 5 – Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва КВБЗ) при природньому освітленні (освітленість на вулиці 38лк)

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	10	32	18
Біля дверей 2 купе	6	32	18
Біля дверей 3 купе	5	30	17
Біля дверей 4 купе	6	34	22
Біля дверей 5 купе	5	31	20
Біля дверей 6 купе	6	20	20
Біля дверей 7 купе	5	21	24
Біля дверей 8 купе	5	24	19
Біля дверей 9 купе	6	22	20
Біля дверей 10 купе	4	20	20
Великий коридор	3	3	21
Малий коридор	10	24	3
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	6	50	27
Тамбур (підлога біля дверей справа)	3	34	58
Тамбур (підлога посередині)	10	5	2
Купе			
На дивані біля вікна	1	46	6
На дивані біля дверей	1	2	1
На столі	2	12	2
На підлозі рівень стола	1	48	18
На підлозі біля дверей	1	13	4
В службовому купе			
На дивані біля вікна	4	7	6
На дивані біля дверей	1	1	4
На столі	1	22	2
На підлозі рівень стола	2	24	2

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
На підлозі біля дверей	1	1	3
Туалет			
Біля вікна	4	40	6
Біля дверей	2	4	4
Район умивальника	7	6	3
Район унітаза	8	16	2

Таблиця 6 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва КВБЗ)
при природньому освітленні при штучному освітленні

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	38	31	30
Біля дверей 2 купе	39	80	78
Біля дверей 3 купе	50	41	40
Біля дверей 4 купе	41	44	42
Біля дверей 5 купе	42	40	38
Біля дверей 6 купе	44	44	45
Біля дверей 7 купе	46	40	44
Біля дверей 8 купе	51	28	39
Біля дверей 9 купе	50	46	48
Біля дверей 10 купе	40	47	44
Великий коридор	39	42	41
Малий коридор	16	24	23
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	12	32	29
Тамбур (підлога біля дверей справа)	10	24	22
Тамбур (підлога посередині)	11	8	27
Купе			
На дивані біля вікна	18	119	52
На дивані біля дверей	16	31	80
На столі	31	134	30
На підлозі рівень стола	17	19	90
На підлозі біля дверей	4	8	27

Продовження таблиці 6

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
В службовому купе			
На дивані біля вікна	12	134	34
На дивані біля дверей	14	36	34
На столі	14	137	80
На підлозі рівень стола	14	34	14
На підлозі біля дверей	14	27	16
Туалет			
Біля вікна	12	38	180
Біля дверей	14	30	84
Район умивальника	11	34	34
Район унітаза	14	34	36

4.3 Вимірювання освітленості в пасажирських вагонах виробництва ТВБЗ (Росія)

Всі виміряні значення виміряні за допомогою люксметра типу LX1010B, схем рис. 43 та рис. 44 та приведені в таблицях 7 та 8.

Таблиця 7 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва ТВБЗ) при природньому освітленні (освітленість на вулиці 40 лк)

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	12	39	28
Біля дверей 2 купе	8	35	28
Біля дверей 3 купе	6	40	27
Біля дверей 4 купе	6	37	29
Біля дверей 5 купе	7	31	30
Біля дверей 6 купе	6	26	31

Продовження таблиці 7

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	8	27	32
Біля дверей 7 купе	6	28	29
Біля дверей 8 купе	9	27	30
Біля дверей 9 купе	4	28	32
Біля дверей 10 купе	6	6	31
Великий коридор	17	29	12
Малий коридор	10	52	37
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	6	48	68
Тамбур (підлога біля дверей справа)	24	7	5
Тамбур (підлога посередині)	22	21	36
Купе			
На дивані біля вікна	1	46	6
На дивані біля дверей	1	2	1
На столі	2	12	2
На підлозі рівень стола	1	48	18
На підлозі біля дверей	1	13	4
В службовому купе			
	5	7	8
На дивані біля вікна	3	2	4
На дивані біля дверей	3	22	3
На столі	2	24	4
На підлозі рівень стола	2	23	7
На підлозі біля дверей	2	3	3
Туалет			
Біля вікна	5	40	11
Біля дверей	4	4	7
Район умивальника	10	12	19
Район унітаза	8	26	8

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		98

Таблиця 8 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва ТВБЗ-Росія) при штучному освітленні

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	11	38	28
Біля дверей 2 купе	7	37	28
Біля дверей 3 купе	5	36	29
Біля дверей 4 купе	7	42	32
Біля дверей 5 купе	5	41	30
Біля дверей 6 купе	6	40	29
Біля дверей 7 купе	5	41	34
Біля дверей 8 купе	5	34	29
Біля дверей 9 купе	6	38	30
Біля дверей 10 купе	4	40	31
Великий коридор	4	8	35
Малий коридор	11	44	9
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	5	60	37
Тамбур (підлога біля дверей справа)	4	44	68
Тамбур (підлога посередині)	10	8	8
Купе			
На дивані біля вікна	28	39	72
На дивані біля дверей	19	41	101
На столі	51	54	50
На підлозі рівень стола	19	29	120
На підлозі біля дверей	7	8	57
В службовому купе			
	19	54	64
На дивані біля вікна	24	66	54
На дивані біля дверей	24	57	100
На столі	19	34	35
На підлозі рівень стола	23	47	45
На підлозі біля дверей	29	42	51
Туалет			
Біля вікна	19	39	170
Біля дверей	24	40	94
Район умивальника	21	44	53
Район унітаза	24	44	49

4.4 Вимірювання освітленості в пасажирських вагонах після проведення

КВР

Всі виміряні значення виміряні за допомогою люксметра типу LX1010B, схем рис. 43 та рис. 44 та приведені в таблицях 9 та 10.

Таблиця 9 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва 1991р після КВР) при природньому освітленні (освітленість на вулиці 41лк)

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	11	30	29
Біля дверей 2 купе	5	28	26
Біля дверей 3 купе	4	27	27
Біля дверей 4 купе	5	30	22
Біля дверей 5 купе	5	26	24
Біля дверей 6 купе	5	28	25
Біля дверей 7 купе	5	29	22
Біля дверей 8 купе	5	28	18
Біля дверей 9 купе	5	27	21
Великий коридор	4	29	22
Малий коридор	3	7	21
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	10	15	22
Тамбур (підлога біля дверей справа)	8	48	29
Тамбур (підлога посередині)	4	12	11
Купе			
На дивані біля вікна	2	35	25
На дивані біля дверей	2	5	30
На столі	2	22	26
На підлозі рівень стола	3	19	18
На підлозі біля дверей	2	13	15
В службовому купе			
На дивані біля вікна	4	6	6
На дивані біля дверей	4	2	5
На столі	3	23	3
На підлозі рівень стола	3	22	4
На підлозі біля дверей	3	2	7

3

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		100

Продовження таблиці 9

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Туалет			
Біля вікна	4	35	10
Біля дверей	5	5	8
Район умивальника	8	13	18
Район унітаза	8	25	9

Таблиця 10 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва 1991р після КВР) при штучному освітленні

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
Коридор			
Біля дверей 1 купе	11	38	28
Біля дверей 2 купе	7	37	28
Біля дверей 3 купе	5	36	29
Біля дверей 4 купе	7	42	32
Біля дверей 5 купе	5	41	30
Біля дверей 6 купе	6	40	29
Біля дверей 7 купе	5	41	34
Біля дверей 8 купе	5	34	29
Біля дверей 9 купе	6	38	30
Великий коридор	4	8	35
Малий коридор	11	44	9
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	5	60	37
Тамбур (підлога біля дверей справа)	4	44	68
Тамбур (підлога посередині)	10	8	8
Купе			
На дивані біля вікна	28	39	72
На дивані біля дверей	19	41	101
На столі	51	54	50
На підлозі рівень стола	19	29	120
На підлозі біля дверей	7	8	57

Продовження таблиці 10

Номер точки (розташування)	Вимір 1 (підлога)	Вимір 2 (на висоті 800 мм)	Вимір 3 (на рівні очей)
1	2	3	4
В службовому купе			
	19	54	64
На дивані біля вікна	24	66	54
На дивані біля дверей	24	57	100
На столі	19	34	35
На підлозі рівень стола	23	47	45
На підлозі біля дверей	29	42	51
Туалет			
Біля вікна	14	31	145
Біля дверей	16	30	94
Район умивальника	12	32	36
Район унітаза	19	31	35

4.5 Аналіз та порівняння вимірних значень відповідно до вимог інтероперабельності

Співставивши всі вимірні значення та порівнявши їх з нормативними значеннями України, країн Таможного союзу та ЄС отримали таку картину, яка приведена в таблиці 11-13 для трьох вагонів при природньому освітленні так і при штучному.

«+» буде відмічене, що параметри задовільняють, а «-» - що параметри не відповідають нормативним значенням.

Слід врахувати, що вимірювання проводились в похмурну погоду і тому потрібно корегування їх з відповідними нормальними умовами.

Це в цій роботі не зроблено і планується зробити в подальшому.

Таблиця 11 – Відповідність виміряних до нормативних значень вагону побудови КВБЗ

Номер точки (розташування)	Відповідність та забезпеченість					
	Нормативи України (природне /штучне освітлення)		Нормативи ТС (природне /штучне освітлення)		Нормативи ЄС	
1	2	3	4	5	6	7
Коридор						
Біля дверей 1 купе	-	-	-	+	+	+
Біля дверей 2 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 3 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 4 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 5 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 6 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 7 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 8 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 9 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 10 купе	-	+	-	+	+	+
Великий коридор		+	-	+	+	+
Малий коридор	-	+	+	+	-	-
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	+	+	+	+	+	+
Тамбур (підлога біля дверей справа)	+	+	+	+	+	-
Тамбур (підлога посередині)	-	-	+	-	+	+
Купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей	-	-	-	-	-	-
В службовому купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей		-	-	-	-	-
Туалет						
Біля вікна	+	+	+	+	-	+
Біля дверей	-	+	-	+	-	-
Район умивальника	-	+	-	+	-	-
Район унітаза	-	+	-	+	-	-

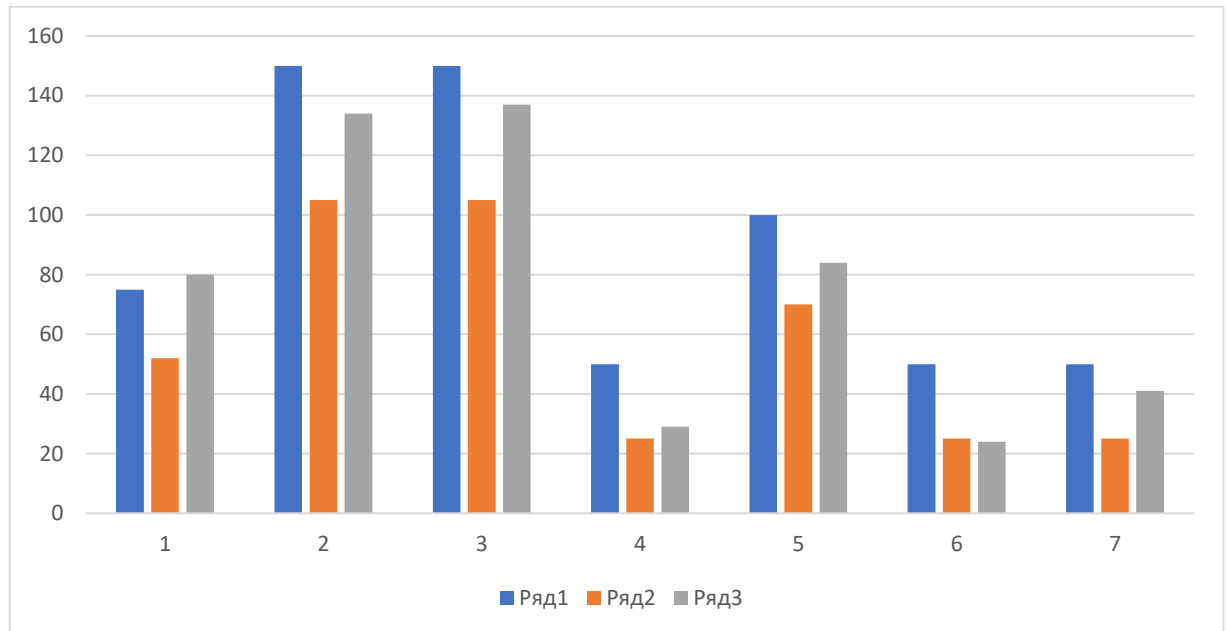
Таблиця 12 – Відповідність вимірних до нормативних значень вагону побудови ТВБЗ

Номер точки (розташування)	Відповідність та забезпеченість					
	Нормативи України (природне /штучне освітлення)		Нормативи ТС (природне /штучне освітлення)		Нормативи ЄС	
1	2	3	4	5	6	7
Коридор						
Біля дверей 1 купе	-	-	-	+	+	+
Біля дверей 2 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 3 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 4 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 5 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 6 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 7 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 8 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 9 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 10 купе	-	+	-	+	+	+
Великий коридор	-	+	-	+	+	+
Малий коридор	-	+	+	+	-	-
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	+	+	+	+	+	+
Тамбур (підлога біля дверей справа)	+	+	+	+	+	-
Тамбур (підлога посередині)	-	-	+	-	+	+
Купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей	-	-	-	-	-	-
В службовому купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей	-	-	-	-	-	-
Туалет						
Біля вікна	+	+	+	+	-	+
Біля дверей	-	+	-	+	-	-
Район умивальника	-	+	-	+	-	-
Район унітаза	-	+	-	+	-	-

Таблиця 13 – Відповідність вимірних до нормативних значень вагону побудови 1991р. після КВР

Номер точки (розташування)	Відповідність та забезпеченість					
	Нормативи України (природне /штучне освітлення)		Нормативи ТС (природне /штучне освітлення)		Нормативи ЄС	
1	2	3	4	5	6	7
Коридор						
Біля дверей 1 купе	-	-	-	+	+	+
Біля дверей 2 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 3 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 4 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 5 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 6 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 7 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 8 купе	-	+	-	+	+	+
Біля дверей 9 купе	-	+	-	+	+	+
Великий коридор	+	+	-	+	+	+
Малий коридор	-	+	+	+	-	-
Тамбур (підлога біля дверей зліва)	+	+	+	+	+	+
Тамбур (підлога біля дверей справа)	+	+	+	+	+	-
Тамбур (підлога посередині)	-	-	+	-	+	+
Купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей	-	-	-	-	-	-
В службовому купе						
На дивані біля вікна	-	+	-	+	-	+
На дивані біля дверей	-	-	-	-	-	-
На столі	-	+	-	+	-	+
На підлозі рівень стола	-	-	-	-	-	-
На підлозі біля дверей	-	-	-	-	-	-
Туалет						
Біля вікна	+	+	+	+	-	+
Біля дверей	-	+	-	+	-	-
Район умивальника	-	+	-	+	-	-
Район унітаза	-	+	-	+	-	-

Слід зауважити, що при порівнянні параметрів з нормативними брались ще показники нерівномірності освітлення в меншу сторону. Так наприклад для коридору при мінімальній освітленості 50лк та коефіцієнти нерівномірного освітлення від 0,5 до 2,5 по EN 13272 взявши мінімальний показник $50 \cdot 0,5 = 25$ лк.



1 – великий коридор біля купе; 2- купе для пасажирів; 3 – службове купе;
4 – тамбур; 5 – туалет; 6 – малий коридор; 7- великий коридор

Ряд 1 – Нормативні значення;

Ряд 2 – Мінімальні значення з врахуванням коефіцієнта нерівномірності;

Ряд 3 – Максимальні значення виміряні безпосередньо у вагоні.

Рисунок 46 – Графік порівняння параметрів вагонів виробництва України параметрам інтероперабельності

4.6 Висновки

- Було проведено вимірювання освітлення для різних вагонів (купейних) різних виробників;
- проаналізовані отримані значення вимірюють та співставленні з нормативними значеннями України, Таможенного союзу та країн ЄС;

- визначено «критичні місця» по незабезпеченості освітлення;
- потрібно встановлювати адаптивну систему ввімкнення освітлення для забезпечення потрібної освітленості так як природнє освітлення не завжди дозволяє забезпечити необхідну освітленість;
- потрібно провести роботи та вимірювання по визначенню контрастності , коефіцієнту пульсацій та мерехтінню.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		107

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Під час виконання роботи та в процесі роботи було напрацьовано багато матеріалу та проведені вимірювання. Також був проведений аналіз нормативних документів, відповідно до яких можна зробити наступні висновки та рекомендації, а саме:

- розглянуто актуальність питання досліджень в області забезпечення освітлення в Україні для різних вагонів;
- проаналізовано закордонні роботи в області освітлення та проектування системи освітлення пасажирських вагонів;
 - розглянуто питання зменшення енерговитрат в рухомому складі (пасажирськими вагонами) при зміні джерел освітлення;
 - розглянуто питання зменшення затрат на ремонт та технічне обслуговування освітлювальних пристроїв;
 - проаналізовано вплив тих чи інших джерел світла у відповідності екологічним вимогам провідних країн Європи;
 - проведено аналіз основних наукових робіт в сфері освітлення пасажирських вагонів та рухомого складу в цілому.
- визначені основні показники відповідно до нормативних документів України та ЄС;
- розглянуто види освітлювальних пристроїв, які застосовуються на пасажирських вагонах та їх класифікація;
- розглянуто типи освітлення та вимоги до нього що стосується пасажирських вагонів;
- розглянуто методи розрахунку освітлення приміщень вагонів відповідно нормативних документів та стандартів ;
- розглянуто питання більш швидшого та ефективнішого розрахунку освітлень, як приміщень вагона так і інших приміщень за допомогою комп'ютерного моделювання з перевіркою відповідності вимогам нормативних

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		108

документів та підбором тих освітлювальних пристроїв які задовільняють вимогам нормативно- технічної документації;

- було проведено вимірювання освітлення для різних вагонів (купейних) різних виробників;

– проаналізовані отримані значення вимірюють та співставленні з нормативними значеннями України, Таможенного союзу та країн ЄС;

– визначено «критичні місця» по незабезпеченості освітлення;

Відповідно можна зробити наступні рекомендації:

– потрібно встановлювати адаптивну систему ввімкнення освітлення для забезпечення потрібної освітленості;

- потрібно провести роботи та вимірювання по визначенню контрастності , коефіцієнту пульсацій та мерехтінню;

- ввести інформація в вітчизняних нормативних документах про температуру світла, так як в згідно EN 13272-1 та використовувати рекомендації обмежень до 5000К;

- доповнити у вітчизняних документах інформацію та нормативні посилання на стандарти ISO, DIN, тому виникає питання звідки взяті величини;

- доповнити нормативну документацію України та розробити методики перевірки та оцінки параметрів нерівномірності освітлення та визначення температури освітлення;

- гармонізувати деякі документи з світовими.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		109

БІБЛІОГРАФІЯ

1. В.Е. Дощенко Электрическое оборудование и освещение вагонов. М.: Транспорт 1964г. -312с.
2. <https://shop.p-el.ru/blog/organizatsiya-osveshcheniya/osveschenie-passazhirskikh-vagonov/>
3. http://www.neolight.ru/statyi/statya_full/statyi/sravnitel'naya-otcenka-osveshcheniya/
4. РД 3215-91 (НАОП 5.1.11-3.02-91). Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта
5. ДСТУ UIC 555:2013 Електричне освітлення вагонів пасажирського рухомого складу. Технічні вимоги (UIC 555:1991, IDT)
6. ДБН В.2.5-28-2006 "Природне і штучне освітлення"
7. <https://ledtest.vestum.ua/uk/study/budova-svitlodiodnoi-lampi/>
8. <https://corelamps.com/yak-obraty-svitylnyk-chy-lampochku/svitlodiodni-lampy/>
9. <https://ledworld.ua/ua/svetodiodnaya-lenta-dlya-potolka>
10. J. Winter, I. Windemut, N. Kevlishvili, D. Schmeling and J. Maier. Passenger Comfort for the Next Generation Train: Subject Trials for Ventilation and Lighting. Proceedings of the Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, J. Pombo, (Editor), Civil-Comp Press, Stirlingshire, Scotland. 2016, in prep
11. J. Winter, I. Windemut, N. Kevlishvili, D. Schmeling and J. Maier, Passenger Comfort for the Next Generation Train: Subject Trials for Ventilation and Lighting, in J. Pombo, (Editor), Proceedings of the 3rd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, 2016.
12. J. Maier, O. Zierke, H.-J. Hörmann, I. Windemut, Subjectivity of lighting perception and comfort: The role of preferences and expectations, 2016, in prep

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		110

13. Winter, Joachim and Windemut, Ivan and Kevlishvili, Nina and Schmeling, Daniel and Maier, Julia (2016) Passenger Comfort for the Next Generation Train: Excellent Comfort. In: Proceedings of the Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, p. 194. Civil-Comp Press. Third International Conference on Railway Technology Research, 5.-8. April 2016, Cagliari, Sardinien, Italien
14. MULTI-ANNUAL ACTION PLAN Amended version finally adopted on 14 November 2019. Neither the Shift2Rail Joint Undertaking nor any person acting on behalf of Shift2Rail Joint Undertaking are responsible for the use that might be made of the following information. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020
15. EN 13272-1:2019 - Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems - Part 1: Heavy rail
16. Справочные материалы, T-1 3 /4 (5 mm) Precision Optical Performance AlInGaP LED Lamps, фирма «Hewlett Packard», <http://www.chipinfo.ru>
17. Игнатов Г. С. Особенности конструкции светодиодных хвостовых фонарей пассажирских вагонов. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна- 2005. С. 71-73.
18. Программа DIALux против ручных методов расчета освещения [Электронный ресурс]: МДМ-Лайт [сайт светотехнической компании]. – [Мск., 2020] – Режим доступа: <https://www.mdm-light.ru/publications/articles/768>.
19. Розробка енергозберігаючої системи світлодіодного освітлення для вагонів метро / А.О. Морозов, В.П. Клименко, В.Б. Корбут, М.Г. Ієвлев, В.Г. Бутко // Математичні машини і системи. — 2018. — № 2. — С. 3-20.
20. Электричне обладнання вагонів: Навч. посібник / В.В. Бондаренко, В.В. Обуховський, В.М. Шатаєв. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 258 с

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		111

21. Доценко В. Е. Электрическое оборудование и освещение вагонов. – Москва: Транспорт, 1964.- 312с.
22. Зорохович А. Е., Либман А. З. Электро- и радиооборудование пассажирских вагонов. М.: Транспорт, 1985, 344 с.
23. Егоров В. П. Электрооборудование пассажирских вагонов: Учебник для ПТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 312 с.
24. Ребрик, Б.Н. Электрооборудование пассажирских вагонов с кондиционированием воздуха / Б.Н. Ребрик., Г.Г. Гомола, С.Н. Модель – М.: Транспорт, 1986. – 165 с.
25. <http://kremsvitlo.com/uk/katalog/svetodiodnye-svetilniki/dlya-passazhirskikh-vagonov/sts-sks>
26. Савчук О. М., Мороз И. К., Дуганов А. Г., Лимаренко Л. П. Под. ред. Савчука О.М.. Электрооборудование вагонов и его ремонт (Методические указания к выполнению курсового проекта). Днепропетровск, 1979 – 47с.
27. EN 13272-1 Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems - Part 1: Heavy rail
28. О+Р 550/1 «Электрическое освещение пассажирских вагонов, III издание, 2006 г.- 24с.
29. Теоретичні дослідження освітленості пасажирського вагона з впровадженням LED ламп (світильників). В.В. Павлів. Матеріали Шостої студентської науково-технічної конференції: //Збірник наукових праць/ ЛФ ДНУЗТ; Львів, 2015. 92-98 с.
30. Технический регламент «О безопасности железнодорожного подвижного состава» ТР ТС 001-2011.
31. ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. Зі зміною № 1
32. Памятка 555: Электрическое освещение в пассажирских вагонах

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		112

33. Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту. з змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 8 від 13.01.2016
34. СП 2.5.1198-03 Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Дата актуализации: 01.01.2021
35. ГОСТ 34681-2020 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования
36. ДСТУ 7773:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальні технічні вимоги
37. ISO 8995 (все части). Освещение рабочих мест
38. Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		113

СПИСОК РИСУНКІВ

- Рисунок 1 – Типи ламп розжарювання
- Рисунок 2 – Загальний вид залізничних ламп розжарювання
- Рисунок 3 - Пружинні контакти
- Рисунок 4 – Баланс електроенергії ламп розжарювання
- Рисунок 5 – Будова люмінесцентної лампи
- Рисунок 6 – Стартерна схема підключення
- Рисунок 7 - Стартерна схема з розчепленою фазою
- Рисунок 8 – Безстартерна схема підключення люмінесцентних ламп
- Рисунок 9 – Поділ ламп за показником кольору випромінювання
- Рисунок 10 – Загальна будова LED-лампи
- Рисунок 11 – Загальний вигляд лампи грушоподібної форми
- Рисунок 12 – Загальний вигляд лампи у вигляді свічки
- Рисунок 13 – Загальний вигляд лампи у вигляді полум'я свічки
- Рисунок 14 – Загальний вигляд лампи в формі грибка
- Рисунок 15 – Загальний вигляд лампи у вигляді “спот”
- Рисунок 16 – Загальний вигляд лампи у вигляді Globe
- Рисунок 17 – Загальний вигляд лампи у вигляді циліндричної форми
- Рисунок 18 – Загальний вигляд лампи промислових потужних ламп
- Рисунок 19 – Загальний вигляд лампи у вигляді стрічки- кабелю
- Рисунок 20 - Схема світильника в випробувальній лабораторії
- Рисунок 21 - Експериментальна ситуація в випробувальній лабораторії
- Рисунок 22 - Порівняння сприйняття параметрів освітлення для OLED і світлодіодів
- Рисунок 23 - Порівняння оцінки параметрів освітлення для OLED і світлодіодів
- Рисунок 24 – Схема увімкнення світлодіодів в хвостовому ліхтарі конструкції КВБЗ
- Рисунок 25 – Співвідношення для визначення освітленості, стерадіану
- Рисунок 26 - Співвідношення між основними світловими величинами

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		114

- Рисунок 27 – Криві світлорозподілу для ламп розжарювання (а) та люмінесцентних (б)
- Рисунок 28 - Світильник НВВ 01-25 УХЛ.2 для туалету та тамбура
- Рисунок 29 – Будова світильника з лампами розжарювання
- Рисунок 30 - Світильник НВВ01-15-002 «Софіт» УХЛ 4.2
- Рисунок 31 - Світильник Омега-Ел110
- Рисунок 32 - Світильник стельовий типу ЛНВВ 01-2x20-001
- Рисунок 33 - Світильники світлодіодні типу ЛСВВ 03-02 * 18 (1 * 0,8) .110
УЗ
- Рисунок 34 – Загальний вигляд світильника СТС та СКС
- Рисунок 35 - Хвостовий сигнальний ліхтар вагона КБ-1641, (КБ-1640)
- Рисунок 36 - Розрахункова схема для визначення освітленості точковим методом
- Рисунок 37 -Загальний вигляд інтерфейсу програми DIALux 4.13
- Рисунок 38 - Загальний вигляд інтерфейсу програми для вибору світильників
- Рисунок 39 -Вибір типу світильника та його характеристик
- Рисунок 40 – Попередній перегляд проектованого приміщення
- Рисунок 41 – Результати розрахунку
- Рисунок 42 - Вимірювальна схема освітленості купе
- Рисунок 43 - Вимірювальна схема точок по вагону
- Рисунок 44 - Загальний вид люксметра типу Ю-116
- Рисунок 45 - Загальний вид люксметра типу LX1010B
- Рисунок 46 – Графік порівняння параметрів вагонів виробництва України параметрам інтероперабельності

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		115

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

- Таблиця 1 – Параметри освітлення приміщень вагона в Україні
- Таблиця 2 - Параметри штучного освітлення пасажирських вагонів
Таможного союзу
- Таблиця 3 - Параметри штучного освітлення високошвидкісних та
пасажирських вагонів згідно EN 13272-1
- Таблиця 4 - Параметри штучного освітлення пасажирських вагонів далекого
сполучення згідно EN 13272-1
- Таблиця 5 – Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
КВБЗ) при природньому освітленні (освітленість на вулиці
38лк)
- Таблиця 6 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
КВБЗ) при природньому освітленні при штучному освітленні
- Таблиця 7 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
ТВБЗ) при природньому освітленні (освітленість на вулиці 40
лк)
- Таблиця 8 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
ТВБЗ- Росія) при штучному освітленні
- Таблиця 9 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
1991р після КВР) при природньому освітленні (освітленість на
вулиці 41лк)
- Таблиця 10 - Значення освітлення в вагоні (купейний вагон виробництва
1991р після КВР) при штучному освітленні
- Таблиця 11 – Відповідність виміряних до нормативних значень вагону
побудови КВБЗ
- Таблиця 12 – Відповідність виміряних до нормативних значень вагону
побудови ТВБЗ
- Таблиця 13 – Відповідність виміряних до нормативних значень вагону
побудови 1991р. після КВР

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		116

АНОТАЦІЯ І КЛЮЧОВІ СЛОВА

Яворський Микола. Дипломна магістерська робота «Дослідження і перевірка освітленості пасажирських вагонів з врахуванням вимог інтероперабельності» 118 с., 46 рис., 13 табл., 38 дж.

ПАСАЖИРСЬКІ ВАГОНИ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, ЛАМПИ, СВІТИЛЬНИКИ, ТЕХНІЧНІ СПЕЦІФІКАЦІЇ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Метою дослідження був аналіз та дослідження освітленості приміщень пасажирських вагонів при побудові та проведенні КВР відповідно до технічних характеристик, вимог нормативно технічної документації та нормативно – правових актів як в Україні та і за її межами з метою забезпечення та дотримання вимог інтеороперабельності до пасажирських вагонів.

Предметом дослідження вузли та елементи систем електрообладнання (системи освітлення) пасажирських вагонів та приміщень вагонів власності АТ «Українські залізниці», що курсують залізницями країн ЄС та України.

Об'єктом дослідження є вимоги до освітлення приміщень пасажирських вагонів власності України, а також інших країн відповідно до вимог директив ЄС та нормативних документів як України так і країн ЄС.

Для досягнення мети роботи було проаналізовано нормативні документи та наукові роботи в області освітлення приміщень та в цілому рухомого складу. Так як робіт по освітленню пасажирських вагонів мало, до уваги брався досвід освітлення вагонів метро, локомотивів та літаків.

Таким чином, виконавши цю роботу можна зробити висновки про напрямки, вимоги та роботи, що ставляться до освітлення пасажирських вагонів та тенденцій розвитку систем освітлення відповідно до вимог Директив ЄС та вимог TSI PAS&LOC з урахуванням вимог інтероперабельності з дотриманням санітарно – гігієнічних норм впливу на людський організм.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		117

ABSTRACT AND KEYWORDS

Mykola Yavorsky. Master's thesis on the topic: "Research and verification of illumination of passenger cars, taking into account the requirements of interoperability": 118 p., 46 figs., 13 tables., 38 sources.

PASSENGER CARS, LIGHTING, LAMPS, LAMPS, TECHNICAL SPECIFICATIONS OF INTEROPERABILITY

The aim of the study was to analyze and study the lighting of passenger cars in the construction and conduct of CWR in accordance with technical characteristics, requirements of regulatory and technical documentation and regulations both in Ukraine and abroad to ensure and comply with interoperability requirements for passenger cars.

The subject of the research is units and elements of electrical equipment systems (lighting systems) of passenger cars and premises of cars owned by JSC "Ukrainian Railways", running on the railways of the EU and Ukraine.

The object of the study are the requirements for lighting the premises of passenger cars owned by Ukraine and other countries in accordance with the requirements of EU directives and regulations of Ukraine and EU countries.

To achieve the goal of the work, normative documents and scientific works in the field of lighting of premises and rolling stock in general were analyzed. As there was little work on the lighting of passenger cars, the experience of lighting subway cars, locomotives and airplanes was taken into account.

Thus, having performed this work, it is possible to draw conclusions about the directions, requirements and work to be established for the lighting of passenger cars and trends in the development of lighting systems in accordance with EU Directives and TSI PAS & LOC.

					0031.206532.ДМР.2021.001	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		118