

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Розробка електропостачання системи освітлення складу готової
продукції молокозаводу*

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕЕмз-61
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Драгун Р. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Поталіцин С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Вакулєнко О.О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Габрусєв Г.В.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль

20__

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В. М. ст. викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко. О. О. ст викладач		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.08.2020	
2	Аналітичний розділ	30.10.2020	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2020	
4	Проектно-конструкторський розділ	25.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.12.2020	
6	Оформлення пояснювальної записки	8.12.2020	
7	Оформлення графічного матеріалу	10.12.2020	

Студент

(підпис)

Драгуну Р. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Поталіцин С.Ю.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Драгун Р.О. Розробка електропостачання системи освітлення складу готової продукції молокозаводу. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2020.

Стор. - ____; рис. – ____; табл. - ____; креслень - ____; джерел – ____; додатків – ____.

В роботі було вирішено ряд завдань:

- проведено аналіз методів проектування освітлювальних установок;
- проведено аналіз норм освітлення виробничих та промислових об'єктів;
- проведено оптимізацію проектування сучасних систем освітлення промислових об'єктів;
- розроблено методику вибору оптимального світлорозподілу світлових приладів;
- проведено розробку програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки.

Ключові слова: молокозавод, освітлювальна установка, освітленість, джерело світла.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Рівняння глобального освітлення і методи його вирішення ...	7
1.2 Основні методи проектування освітлювальних установок	12
1.3 Висновки до розділу	18
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Норми освітлення виробничих та промислових об'єктів	20
2.2 Оптимізація проектування сучасних систем освітлення промислових об'єктів	27
2.3 Розробка програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки	32
2.4 Вибір світлових приладів та аналіз результатів світлотехнічного розрахунку	37
2.5 Висновки до розділу	45
3 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1 Розрахунок мережі живлення електричного освітлення по струму навантаження	45
3.2 Розробка схеми живлення освітлювальної установки та вибір кабелів	50
3.3 Висновки до розділу	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Експлуатація світлового приладу та контроль за станом охорони праці	59
4.2 Протипожежні вимоги до освітлення	59
4.3 Стійкості роботи об'єктів під час надзвичайних ситуацій	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

ВСТУП

Актуальність теми. У всьому світі важливими питаннями в електропостачанні є питання енергоефективності. Безліч вчених і інженерів вирішують завдання оптимізації електроспоживання, коли енергозбереження не йде в розріз з існуючими нормами і не погіршує інші показники мереж і електрообладнання. Для зниження споживання електроенергії освітлювальними установками існує кілька шляхів:

- 1) застосування енергозберігаючих штучних джерел освітлення;
- 2) використання енергоефективної пускорегулювальної і керуючої апаратури;
- 3) максимальне використання природного освітлення;
- 4) керування штучним освітленням на підставі ідентифікації руху.

Важливим аспектом застосування того чи іншого рішення є його доцільність і економічність. Особливо складною ця задача стає на етапі проектування і будівництва нових об'єктів (а також при повній модернізації та капітального ремонту існуючих). І якщо в першому і другому випадках розрахунки споживання давно відомі і широко застосовуються (наприклад, їх можна подивитися в [31, 33]), то при залученні управління освітленням робити будь-які прогнози стає важко, так як практично відсутня методологія для цього.

Використання систем управління може виявитися неефективним через технічні (погіршення показників мережі, вихід за рамки нормативних показників по пульсації, світловіддачі і ін.), економічні (вкладені капітальні витрати часто не окупаються за необхідний термін) аспекти і якості освітлення в цілому. Важливим аспектом підвищення енергоефективності систем освітлення є автоматизація методів розрахунку та їх вдосконалення. Один із шляхів вирішення цього актуального питання – є розробка оптимізованих методів проектування систем освітлення.

Мета і завдання дослідження. Основною метою дипломної роботи є розробка електропостачання освітлювальної установки складу готової

продукції молокозаводу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз методів проектування освітлювальних установок;
- провести аналіз норм освітлення виробничих та промислових об'єктів;
- провести оптимізацію проектування сучасних систем освітлення промислових об'єктів;
- розробити методику вибору оптимального світлорозподілу світлових приладів;
- провести розробку програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки.

Об'єкт дослідження – є енергетичні та світлотехнічні процеси в системах освітлення молокозаводу.

Предмет дослідження - є техніко-енергетичні характеристики систем освітлення молокозаводу.

Наукова новизна отриманих результатів.

- розроблена методика вибору оптимального світлорозподілу світлових приладів;
- розроблено програмне забезпечення для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження результатів досліджень дозволяє реалізувати ефективну системи електропостачання електричного освітлення молокозаводу.

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 [11].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (34 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – ____ сторінки, ____ таблиць, ____ рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Рівняння глобального освітлення і методи його вирішення

Розвиток обчислювальної техніки в останні роки привели до настільки широкому застосуванню комп'ютерів у світлотехніку від проектування пристроїв і систем до управління процесами їх виробництва і експлуатації. Це не дозволяє в межах даної роботи, висвітлити всі можливі аспекти застосування ЕОМ у світлотехніку, тому ми зосередимо свою увагу на одному з напрямків - розрахунку освітлювальних установок (ОУ). Теорія розрахунку і нормування ОУ була практично завершена до 70-х років [1]. В основі алгоритмів розрахунку ОУ лежать нескладні математичні вирази, які не потребують значних ресурсів ЕОМ, тому широке впровадження комп'ютерів в світлотехнічну практику стримувалося спочатку їх високою вартістю і незручністю застосування великих ЕОМ (типу системи ІВМ 360/370 за кордоном або серії ЄС в нашій країні) в інженерній практиці. Положення суттєво змінилося з появою малих (PDP і СМ) і, особливо персональних ЕОМ. Фірма ІВМ зробила справжню революцію в 1980 році, випустила персональний комп'ютер РС, який представляв собою найкращий з можливих комп'ютерів за ціною менше середньої зарплати в США (\$2000). Це призвело до того, що з середини 80-х на заході, а у нас з початку 90-х років комп'ютер витісняє зі столу проектувальника калькулятор, як той свого часу витіснив легендарну логарифмічну лінійку. Однак процес впровадження комп'ютерів сильно відрізнявся від впровадження калькуляторів в інженерну практику. Справа в тому, що комп'ютери з'явилися практично одночасно у всіх видах інженерної діяльності. На першому етапі це породило створення в кожній з областей великих програм-монстрів: системи автоматичного проектування (САПР), в яких розробник вводив всі необхідні вихідні дані і отримував необхідну документацію. Це практично відразу виявило проблему загальних частин в САПР різних напрямків: розрахунок ОУ внутрішнього освітлення будівель

краще проводити на базі креслень цієї будівлі, виконаного архітекторами, і на них же зробити розводку ліній електроживлення. Наслідком цього стала зміна в стратегії створення САПР: програма виконує тільки спеціальну частину, спілкуючись з іншими програмами через файли стандартних форматів.

Іншою найважливішою стороною сьогоденного програмного забезпечення є його дружній інтерфейс, який визначається не вимогами ЕОМ, а характером розв'язуваної задачі і деякими загальними правилами інженерської або конторських діяльності: концепція екрану програми як робочого столу, за яким користувач може, вибираючи підходящі з меню інструменти, писати, креслити або малювати. Настільки витончені програми стає вже не під силу розробляти групі програмістів навіть порівняно великій світлотехнічній організації, тому необхідно їх об'єднання. Природного виникає питання про фінансування подібного роду проектів, враховуючи, що сотні зацікавлених дрібних фірм з продажу світлотехнічного обладнання не зможуть оплатити подібні витрати. На заході пішли шляхом фінансування таких проектів або великою фірмою, або їх об'єднанням так, що при цьому поширення програм проводиться безкоштовно, проте самі програми використовують нестандартний формат баз даних світильників, і можуть бути використовувані, по суті, тільки дистриб'юторами цих фірм.

В останні роки програми автоматизованого проектування ОУ переживають воістину революційні зміни, пов'язані з проникненням алгоритмів і методів комп'ютерної графіки, дозволяючи відтворювати на екрані дисплея ЕОМ зображення освітлюваних об'єктів з фотографічною точністю. Це дозволяє оцінювати освітлення не тільки відповідно до норм, а й естетично, що для невиробничих приміщень є найважливішою вимогою. На сьогодні немає проблем, використовуючи креслення будівлі, підготовлені архітектором, розташувати світильники з заданими кривими розподілу сили світла, задати фотометричні характеристики всіх оптично активних поверхонь, і в результаті роботи програми отримати не тільки розподіл освітленості по робочих поверхонь, але і справжній фільм про висвітлення інтер'єру будівлі. Але і це не

все. Такий підхід дозволяє побачити і оцінити вплив окремих елементів інтер'єру на якість освітлення приміщення.

Розвиток комп'ютерної графіки відбувалося незалежно від світлотехніки, в основному для потреб кінематографу, дизайнерів і архітекторів. Головним завданням комп'ютерної графіки була візуалізація об'єктів, що задаються деякою математичною моделлю. Однак розвиток комп'ютерної графіки виявило, що для фотореалістичного відтворення віртуальних об'єктів необхідно провести максимально точний розрахунок розподілу яскравості по всьому їх поверхонь.

Під відтворенням зображення віртуальних об'єктів на екрані монітора ЕОМ природно впливало розуміти таке зображення, яке відповідало сприйняттю аналогічного реального об'єкта. На жаль, механізм сприйняття реального світу оком людини складний і на сьогоднішній день вивчено дуже приблизно [2-6]. Однак в нашому повсякденному житті ми досить впевнено можемо судити про незнайомих нам об'єктах по фотографії. Тому комп'ютерна графіка виходить з позиції фотореалістичного зображення: відповідність віртуального зображення фотографії аналогічного реального об'єкта [7]. Звідси стає зрозуміло, що як би ми не старалися в рамках комп'ютерної графіки створити зображення альтернативне по сприйняттю з реальністю, нам це не вдасться. З іншого боку, використання фотореалістичних зображень при проектуванні ОУ, що не передбачає 100% відповідність їх з дійсністю - це просто не потрібно. Дані зображення використовуються світлотехніками-проектувальниками двома способами: по-перше, для якісної і естетичної оцінки ОУ, по-друге, для наочного подання їх замовнику, тим самим, підтверджуючи ними правильність проведених розрахунків і вибір світлового обладнання.

Поступово центральне місце досліджень з комп'ютерної графіки змістилося з області геометричних побудов на екрані монітора ЕОМ в сторону точного розрахунку світлового поля яскравості в спостережуваному просторі. Оскільки в розпорядженні дослідників були найбільш потужні комп'ютери, а людське око виявився на рідкість точним інструментом, помічати найменші

неточності в розподілі яскравості, то розвиток комп'ютерної графіки призвело до формулювання строгих рівнянь і ефективних алгоритмів їх вирішення. Це призвело до революційної зміни теорії світлового поля, що в свою чергу сьогодні принципово змінює зміст розрахунку ОУ. У літературі з комп'ютерної графіки теорія точного моделювання яскравості поверхонь віртуальних об'єктів спостереження з урахуванням всіх можливих оптичних процесів отримала назву глобального освітлення (global illumination) [8].

Якщо знехтувати явищами дифракції та інтерференції, які проявляються в досить тонких і спеціальних експериментальних ситуаціях, то для випромінювання може бути застосовано променеве наближення: світло складається з досить тонких променів, по кожному з яких як по трубці протікає промениста енергія, з щільністю потужності L - яскравість променя. В рамках променевого наближення механізм формування фотографічного зображення добре вивчений і існує його сувора математична теорія, висхідна ще до робіт Альгазена (латинізоване ім'я арабського вченого Абу Алі Хайсама) в XI столітті [9]. Зображення в ідеальній оптичній системі (без спотворень, які називаються в оптиці аберациями) є центральною або перспективною проекцією, а опромінення кожної точки в зображенні визначається виразом [10]

$$E(r_i) = \frac{\pi O^2}{4} L(r_o), \quad (1.1)$$

де $r_i = (x_i, y_i)$ - радіус-вектор точки в площині зображення з координатами x_i і y_i ;

$L(r_o)$ - яскравість сполученої (відповідної по центральній проекції) точки r_o в просторі об'єктів;

$O = D/f$ - відносний отвір об'єктиву;

D - діаметр вихідної зіниці;

f - його фокусна відстань.

При центральній проекції точки r_i і r_o лежать на одній прямій, що проходить через центр оптичної системи S . Отже, для створення фотореалістичної зображення об'єкта треба визначити кутовий розподіл яскравості в центрі об'єктива або, що аналогічно, просторовий розподіл яскравості по поверхнях об'єкта. Тому в основі алгоритмів комп'ютерної графіки лежить розрахунок яскравості світлового поля, або інакше, мова йде про візуалізацію розподілу яскравості в просторі. Відзначимо, що у всіх моделях комп'ютерної графіки завжди присутні два простору: двовимірний простір (2М) зображення на екрані і тривимірний простір (3М) об'єктів візуалізації [8].

Відповідно математична модель візуалізації об'єктів являє собою не що інше, як фотометричний розрахунок світлового поля при заданому розташуванні об'єктів, джерел світла, світлотехнічних характеристиках їх поверхонь.

Розглянемо повну яскравість поверхні з урахуванням її відображення, пропускання і випромінювання [11]:

$$L(r, \hat{I}) = L(r, \hat{I}) + \frac{1}{\pi} \int_{\Sigma} L(r', \hat{I}') \sigma(r; \hat{I}, \hat{I}') F(r, r') \Theta(r, r') d^2 r', \quad (1.2)$$

де
$$F(r, r') = \frac{\left| \left(\hat{N}(r), (r - r') \right) \left(\hat{N}(r'), (r - r') \right) \right|}{(r - r')^4}, \quad \hat{I}' = \frac{(r - r')}{|r - r'|}.$$

Інтегральне рівняння (1.2) враховує всі фотометричні явища на кордоні об'єктів 3М сцени: дифузно-дзеркальне відображення, пропускання і власне випромінювання. Воно включає всі можливі акти перевідбиттів і пропускання світла в сцені, а тому що отримується рішення фізично адекватно розподілу яскравості реальної сцени спостереження. У протидежність глобальному висвітлення, на початковому етапі розвитку комп'ютерної графіки зображення 3М сцен намагалися створювати на основі, або повну зневагу ефектами

багаторазового перевідбивання (пропускання) поверхнями сцени, якого врахування першої кратності локальне освітлення (local illumination) [8, 10-12].

Перші програми візуалізації, що використали локальні моделі освітлення, в рамках яких передбачається, що затінення однієї поверхні не залежить від затемнення іншої поверхні, трактували завдання видимості поверхні і затінення незалежно. Локальні моделі освітлення зазвичай нехтують пере відбивання світлом і приймають, що світло приходить тільки з кінцевого числа точкових джерел освітлення. Розрахунки прямого освітлення прості, але при цьому об'єкт, який не освітлений безпосередньо, виводиться чорним, а тіні, якщо моделюються взагалі, зазвичай інтенсивно обрамляються, чому поверхні предметів виглядають гладкими і пластмасовими, а вся сцена подібна сценам зовнішнього освітлення.

Глобальні моделі освітлення ґрунтуються на тому, що видимість і затінення пов'язані між собою: яскравість точки поверхні визначається розподілом яскравості по всім іншим поверхням, видимим з цієї точки, що визначається інтегральним характером рівняння (1.2). Такими методами синтезу зображення можна моделювати півтіні, шорсткість і властивості відображення реальних матеріалів, освітлення багаторазово відбитим світлом і пов'язані з ним колірні ефекти [11]. Видимі результати глобального освітлення є ті банальності, які ми ледь усвідомлюємо в реальному житті, але їх відсутність дуже помітно в зображеннях, синтезованих комп'ютером. Неточне моделювання глобального освітлення на реальній, матеріальній сцені подібно точному моделюванню на нереальною, нематеріальній сцені.

1.2 Основні методи проектування освітлювальних установок

Основними нормативними та довідковими матеріалами з проектування ОУ в нашій країні є:

- Вітчизняні нормативні документи;
- Зарубіжні нормативні документи EN, DIN, рекомендації МКО (СІЕ);

- Галузеві норми штучного освітлення;
- «Довідкова книга з світлотехніки» під ред. Ю.Б. Айзенберга
- «Світлотехнічні розрахунки в установках штучного освітлення» Кнорінг Г.М.;
- Інструкції з проектування, ПУЕ;
- Інша довідкова та нормативна література

Будь-яке світлотехнічне проектування починається з вибору нормувальних показників освітлення. В даний час діють норми освітленості ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

Вибір необхідних за нормами штучного освітлення параметрів (мінімальної або середньої освітленості, середньої яскравості дорожніх покриттів) і параметрів якості освітлення (показників осліпленості і дискомфорту, циліндричної освітленості, коефіцієнта пульсації проводиться, як правило, на підставі галузевих норм штучного освітлення, розроблених для багатьох галузей промисловості, видів виробництв, громадських будівель різного призначення. При відсутності галузевих норм нормування здійснюється за наявними галузевим нормам з аналогічними зоровими роботами, а іноді - пряме нормування по ДБН В.2.5-28:2018.

Норми промислового освітлення побудовані на основі класифікації робіт по певним кількісним ознаками. Провідною ознакою, визначальним розряд робіт, є найменший розмір розрізняються деталей, що при розрахунковому відстані до очей 0,5 м визначає їх кутовий розмір.

У таблиці норм освітленості для робіт, виконуваних на відкритих просторах, характеристикою розрядів є тільки кутові розміри розрізняються деталей.

Уже в самих нормах ДБН містяться таблиці, що встановлюють освітленість для невиробничих приміщень.

При виконанні робочого проекту (РП) і робочої документації (РД) рівень освітленості від загального освітлення вибирається для кожного освітлюваного приміщення і вказується на кресленні плану (або в поясненнях до креслення).

Для кожного приміщення виявляються також максимально допустимі значення показника осліпленості (або дискомфорту), циліндричної освітленості і коефіцієнта пульсації, проте в проекті вони не фіксуються, а виробляється лише перевірка прийнятих світлотехнічних рішень на відповідність нормативним документам. В РП установок промислових підприємств, міст і населених пунктів прийняті в проекті рівні освітленості (середньої яскравості) вказуються в поясненнях на кресленнях або в пояснювальній записці. [32]

У відповідних нормативних документах не регламентується методи розрахунку показників освітлення. Вони можуть виконуватися, як інженерними методами, так і за допомогою світлотехнічних програм. З тією лише різницею, щоб результати розрахунку вкладалися в регламентовані допуски по точності, щодо реальних умов освітлення.

Окремою галуззю практичної світлотехніки є розрахунок природного освітлення, під якою ми будимо розуміти освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), що проникає через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях [31].

Природне освітлення підрозділяється на бокове, верхнє і комбіноване (верхнє і бічне) [32]

У невеликих приміщеннях при односторонньому боковому природному освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від світлового прорізу, а при двосторонньому боковому освітленні - в точці посередині приміщення [31].

Коефіцієнт природної освітленості (КПО),% відношення природної освітленості, яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім або після відбивання), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, створюваної світлом повністю відкритого небосхилу [31].

У великогабаритних виробничих приміщеннях при бічному освітленні мінімальне значення КПО нормується в точці, віддаленій від світлових прорізів.

При верхньому або комбінованому природному освітленні нормується середнє значення КПО в точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні (або підлоги). Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін (перегородок) або осей колон.

Допускається розподілення приміщення на зони з боковим освітленням (зони, які примикають до зовнішніх стін з вікнами) і зони з верхнім освітленням, нормування та розрахунок природного освітлення в кожній зоні здійснюються незалежно один від одного.

У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I-III розрядів слід влаштовувати суміщене освітлення. Допускається застосовувати верхнє природне освітлення в великопрогонових складальних цехах, в яких роботи виконуються в значній частині об'єму приміщення на різних рівнях від підлоги і на орієнтованих в просторі робочих поверхнях. При цьому нормовані значення КПО приймаються для розрядів I-III відповідно 10, 7, 5% [32].

Нормовані значення КПО, для будівель, розташованих в різних районах визначається за формулою

$$e_N = e_H m_N, \quad (1.3)$$

де N - номер групи забезпеченості природним світлом за ДБН;

e_H - значення КПО згідно ДБН;

m_N - коефіцієнт світлового клімату а ДБН.

Отримані за формулою (1.3) значення слід округлити до десятих часток [32]. Розрахунок коефіцієнта природної освітленості (КПО) слід проводити:

а) при бічному освітленні за формулою:

$$e_p^{\delta} = \frac{\left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{\delta_i} q_i + \sum_{i=1}^M \varepsilon_{3Дi} b_{\Phi_j} k_{3Дj} \right) r_0 \tau_0}{k_3}, \quad (1.4)$$

б) при верхньому освітленні за формулою:

$$e_p^{\varepsilon} = \frac{\left(\sum_{i=1}^E \varepsilon_{\delta_i} q_i + \varepsilon_{cp} (r_2 k_{\Phi} - 1) \right) \tau_0}{k_3}, \quad (1.5)$$

в) при комбінованому (верхньому і боковому) освітленні за формулою:

$$e_p^k = e_p^{\varepsilon} + e_p^{\delta}, \quad (1.6)$$

де L - кількість ділянок небосхилу, видимих через світловий отвір з розрахункової точки;

ε_{δ_i} - геометричний КПО в розрахунковій точці при бічному освітленні, що враховує пряме світло від i -того ділянки неба, який визначається за ДБН;

q_i - коефіцієнт, що враховує нерівномірності яскравість i -того ділянки хмарного неба МКО, який визначається довідникових таблиць;

M - кількість ділянок фасадів будівель, що протистоять забудові, видимих через світловий проріз з розрахункової точки;

$\varepsilon_{3Дi}$ - геометричний КПО в розрахунковій точці при бічному освітленні, враховує світло, відбите від j -ої ділянки фасадів будівель, що визначається із довідникових таблиць та графіків;

b_{Φ_j} - середня відносна яскравість j -ої ділянки фасадів будівель, що визначається із довідникових таблиць та графіків.

Як видно з формул розрахунок природного освітлення є однією з неоднозначних і складних завдань світлотехніки, чому свідчать численні вітчизняні та зарубіжні публікації [34-38]. Природно, проведення перевірного розрахунку природного освітлення можливо проводити інженерним методом. Але не варто забувати і про ті випадки, коли ручний розрахунок буде вельми не ефективний, порівняно з комп'ютерним. У самій представленій вище методикою розрахунку є ряд показників, значення яких вельми туманні. До таких показників можна віднести: середньозважений коефіцієнт відбивання фасаду - ρ_{ϕ} , загальний коефіцієнт світлопропускання - τ_0 , значення середньої відносної яскравості фасадів протилежних будинків b_{ϕ} і ін. В свою чергу методика розрахунку природного освітлення на основі світлотехнічних програм, методом 3М моделювання з подальшим розрахунком Radiosity, виключає такого роду не визначеності. Звичайно, постає питання про правомірність розрахунку природного освітлення за допомогою світлотехнічних програм, але проведені дослідження повністю це обґрунтовують [35]. Включаючи, пророблені незалежно дослідження, зарубіжними фахівцями [34]. Більш докладно про проведені дослідження буде написано у наступних розділах цієї роботи.

Зупиняючись на інженерних методах розрахунку, варто згадати, що під таким розрахунком, в широкому сенсі слова, можна розуміти сукупність математичних операцій, що зв'язують параметри освітлювальної установки (число, потужність і розташування світильників і т.п.), і кількісну міру результативних світлотехнічних показників (освітленість, яскравість і т.д.).

Число цих параметрів і показників досить велике, відповідно до чого різноманітними можуть бути і завдання світлотехнічних розрахунків. З деякою умовністю розрахунки можуть бути розділені на прямі - коли визначаються необхідні параметри за заданими показниками, і перевірочні - коли, при відомих параметрах, визначається очікуване значення показників.

Звичайною завданням розрахунку освітленості є визначення числа і потужності світильників, необхідних для забезпечення заданого значення освітленості. Значно рідше виконуються перевірочні розрахунки, тобто визначення очікуваної освітленості при заданих параметрах установки.

При висвітленні "точковими" ДС, тобто ЛР, а також лампами типів ДРЛ, ДРІ та ДНАТ, зазвичай число і розміщення світильників намічаються до розрахунку, в процесі ж розрахунку визначається необхідна потужність лампи. При виборі лампи по стандартам допускається відхилення номінального потоку лампи від необхідного розрахунком в межах від -10 до +20%. При неможливості вибрати лампу, потік якої лежить в зазначених межах, змінюється число світильників [39].

Всі вживані прийоми розрахунку засновані на формулах, що пов'язують освітленість з характеристиками світильників і ламп:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (1.7)$$

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}. \quad (1.8)$$

Метод, заснований на (1.7) носить назву методу коефіцієнта використання. У своїх звичайних формах він дозволяє забезпечити середню освітленість горизонтальної поверхні з урахуванням всіх падаючих на неї потоків, як прямих, так і відображених. Метод, заснований на (1.8), - точковий метод, дозволяє забезпечити заданий розподіл освітленості як завгодно розташованих поверхнях.

1.3 Висновки до розділу

При комп'ютерному світлотехнічному проектуванні, необхідно використовувати методи основні на адаптації та створення 3М освітлюваних

об'єктів, дозволяють значно скоротити час розробки світлотехнічного проекту, шляхом вирахування з розрахунку областей і об'єктів в найменшій мірі впливають на розподіл випромінювання в сцені.

Методи по сполученню світлотехнічних програм між собою і з конструкторськими CAD додатками (AutoCAD, SolidWorks, 3D studio Max), створюють сприятливі умови з проведення якісного світлотехнічного проектування з нуля. А саме, маючи в розпорядженні тільки креслярську документацію на виході отримати фотореалістичні зображення майбутньої освітлювальної установки.

Використання світлотехнічних програм, що використовують метод глобального освітлення, є єдиним варіантом реалізації якісного світлотехнічного проекту, дозволяючи на стадії проектування отримати результати з найменшим відхиленням від реальності.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Норми освітлення виробничих та промислових об'єктів

Основними документами, що регламентують правильність проектування світлотехнічних установок є:

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ, 2017)
2. ДБН В.2.5-23-2010 Проектування об'єктів цивільного призначення
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення
4. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах.

Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом

5. НПАОП 40.1-1.32-01 Електрообладнання спеціальних установок
6. НАБВ.01.056-2005/111 Правила будови електроустановок.

Протипожежний захист електроустановок

7. ДСТУ Б.В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд

Назва самого об'єкту, що проектується: Будівництво складу готової продукції та матеріалів ТОВ «Люстдорф» по вул. Незалежності, 120 в м. Іллінці, Вінницька область.

План об'єкту, що проектується зображено на рис. 2.1.

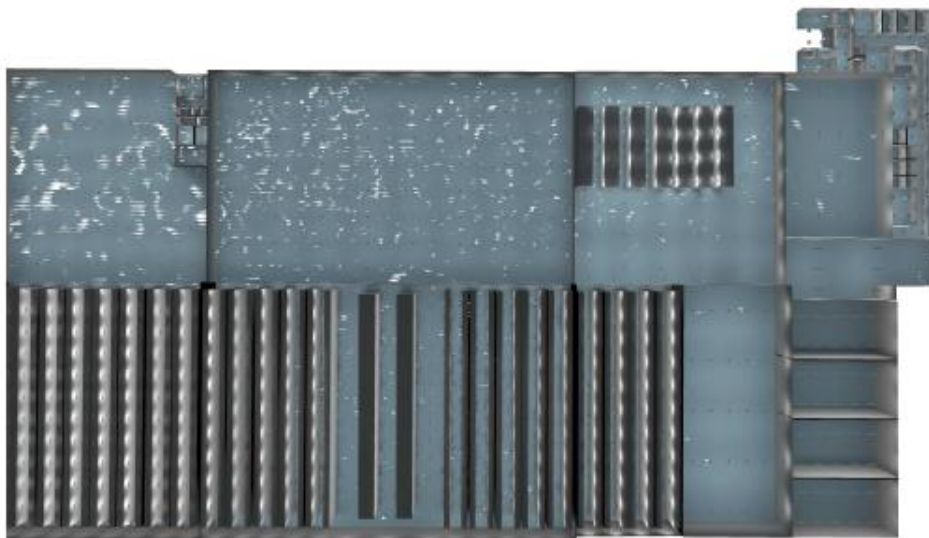


Рисунок 2.1 – Креслення складу готової продукції та матеріалів

Було розроблено спрощену схему приміщень, яка більш краще підходить для світлотехнічного розрахунку (рис. 2.2)

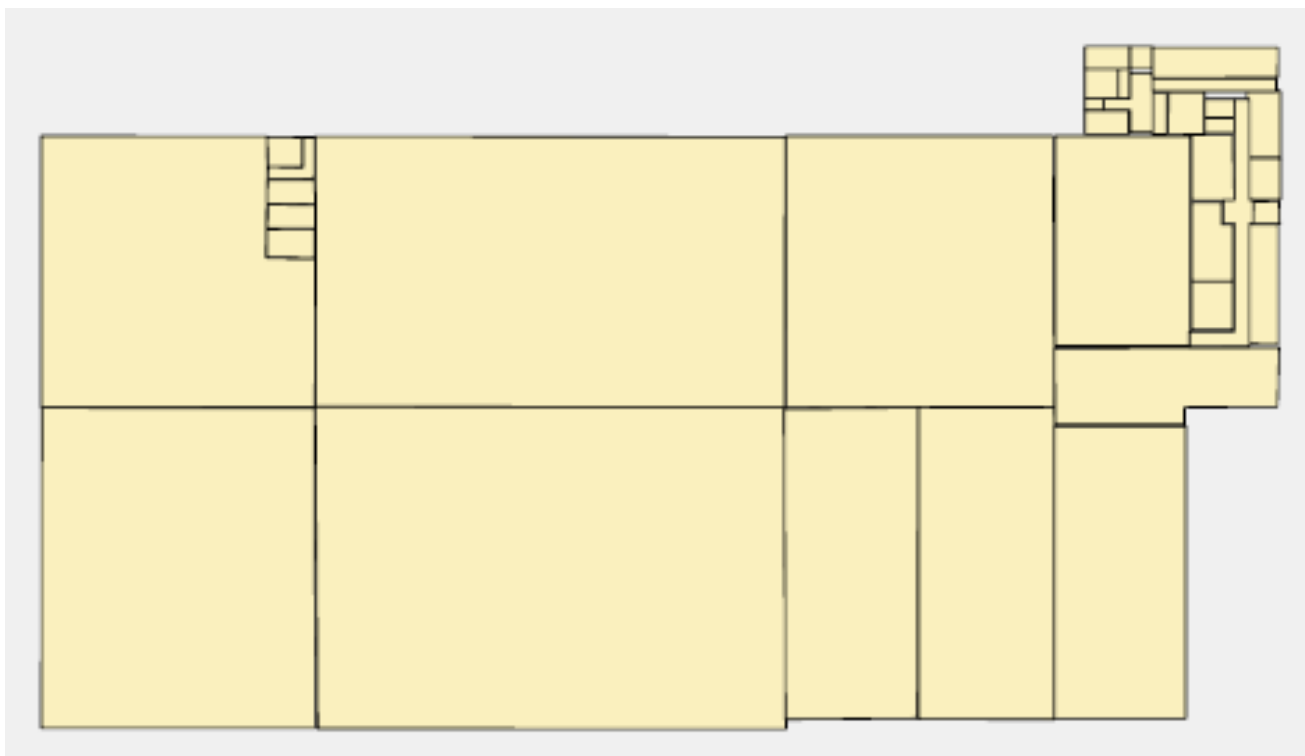


Рисунок 2.2 – Спрощена схема складу готової продукції та матеріалів

Це зумовлено тим, що на основному плані зображено велику кількість додаткового обладнання, що буде тільки заважати при проведенні світлотехнічного розрахунку.

Експлікація приміщень наведено в табл. 2.1 із виказанням їх площі

Таблиця 2.1 – Експлікація приміщень складу готової продукції та матеріалів

№	Найменування	Площа, м ²
1	Експедиція складу пакувальних матеріалів	996,85
2	Операторська	17,70

Продовження таблиці 2.1

3	Коридор	15,86
4	Туалет для чоловіків, працівників складу	8,47
5	Туалет для жінок, працівників складу	8,47
6	Лабораторія вхідного контролю якості	9,50
7	Приміщення контролю якості	9,50
8	Кімната підлого мийних машин	23,56
9	Комора	2,24
10	Стелажний склад пакувальних матеріалів	1 779,5
11	Експедиція складу УНТ-продукції	1 899, 60
12	Стелажний склад УНТ-продукції	3 075,89
13	Експедиція холодного складу з зоною комплектації (+4°C)	1 087,20
14	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	836,53
15	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	863,42
16	Морозильна камера (-18°C)	167,81
17	Морозильна камера (-18°C)	167,81
18	Морозильна камера (-18°C)	167,81
19	Морозильна камера (-7°C)	165,22
20	Технологічний коридор	283,0
21	Приміщення інтенсивного охолодження (+4°C)	501,35
22	Кімната споживання їжі	35,46
23	Водомірний вузол	12,85
24	Електрощитова	8,16
25	Тепловий тамбур	5,40
26	Паливна	63,54
27	Гардероб для чоловіків	37,05

Продовження таблиці 2.1

28	Комора притирального інвентарю	3,16
29	Душова	7,45
30	Вбиральня для чоловіків	15,31
31	Вбиральня для жінок	15,31
32	Приміщення зберігання спец одягу	11,40
33	Коридор	76,30
34	Гардеробна для жінок	48,12
35	Душова	7,20
36	Архів	10,00
37	Кімната харчування для ІТР	26,85
38	Вбиральня для чоловіків	6,54
39	Вбиральня для жінок	4,60
40	Кабінет зав. складом	19,18
41	Комора притирального інвентарю	4,00
42	Кабінет виписки супровідної документації	14,42
43	Туалет для водіїв	4,74
44	Зона очікування водіїв	17,28
45	Тепловий тамбур	9,00
46	Хол	30,93
47	Кабінет відділу логістики	19,01
48	Кабінет нач. Відділу логістики	10,57
49	Кабінет	12,24
50	Кабінет	10,57
51	Кабінет	12,24
52	Кабінет	35,53

На першому етапі світлотехнічного розрахунку необхідно визначити нормовані показники освітленості кожного приміщення зсилаючись на вимоги

нормативних документів ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення.

Таблиця 2.2 - Нормовані значення освітленості згідно ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення для складу готової продукції та матеріалів

№	Найменування	Нормовані значення освітленості згідно ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення, лк
1	Експедиція складу пакувальних матеріалів	200
2	Операторська	300
3	Коридор	150
4	Туалет для чоловіків, працівників складу	100
5	Туалет для жінок, працівників складу	100
6	Лабораторія вхідного контролю якості	300
7	Приміщення контролю якості	300
8	Кімната підлого мийних машин	100
9	Комора	100
10	Стелажний склад пакувальних матеріалів	150
11	Експедиція складу УНТ-продукції	200
12	Стелажний склад УНТ-продукції	150
13	Експедиція холодного складу з зоною комплектації (+4°C)	200
14	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	200
15	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	200
16	Морозильна камера (-18°C)	150
17	Морозильна камера (-18°C)	150
18	Морозильна камера (-18°C)	150
19	Морозильна камера (-7°C)	150

Продовження таблиці 2.2

20	Технологічний коридор	50
21	Приміщення інтенсивного охолодження (+4°C)	150
22	Кімната споживання їжі	200
23	Водомірний вузол	300
24	Електрощитова	300
25	Тепловий тамбур	50
26	Паливна	150
27	Гардероб для чоловіків	200
28	Комора притирального інвентарю	50
29	Душова	50
30	Вбиральня для чоловіків	50
31	Вбиральня для жінок	50
32	Приміщення зберігання спец одягу	50
33	Коридор	100
34	Гардеробна для жінок	150
35	Душова	50
36	Архів	150
37	Кімната прийому їжі для ІТР	200
38	Вбиральня для чоловіків	150
39	Вбиральня для жінок	150
40	Кабінет зав. складом	300
41	Комора притирального інвентарю	300
42	Кабінет виписки супровідної документації	50
43	Туалет для водіїв	50
44	Зона очікування водіїв	200
45	Тепловий тамбур	100
46	Хол	100

Продовження таблиці 2.2

47	Кабінет відділу логістики	300
48	Кабінет нач. Відділу логістики	300
49	Кабінет	300
50	Кабінет	300
51	Кабінет	300
52	Кабінет	150

Як бачимо із отриманих результатів в табл. 2.2 досить високий рівень освітленості (300лк) необхідно забезпечити для приміщень типу:

- Операторська
- Лабораторія вхідного контролю якості
- Приміщення контролю якості
- Водомірний вузол
- Електрощитова
- Кабінет зав. складом
- Комора притирального інвентарю
- Кабінет відділу логістики
- Кабінет нач. Відділу логістики
- Кабінет

Тут крім кількісних показників освітленості необхідно забезпечити якісні показники освітленості, а саме низький показник сліпучої дії, високі показники рівномірності розподілу освітленості та яскравості для комфортного перебування персоналу в приміщеннях.

У всіх інших приміщеннях необхідно забезпечити також досить високі рівні освітленості. Очевидно, що найбільш раціональнішим типом світлових приладів для забезпечення такого високого рівня освітленості є світлододні світильники, які мають найвищу світлову віддачу в порівнянні із іншими джерелами світла (120-150 лм/Вт).

2.2 Оптимізація проектування сучасних систем освітлення промислових об'єктів

Проектування систем освітлення на основі сучасних джерел світла утруднено недоліком систематизованої інформації по їх світловій ефективності, який обумовлений відсутністю прогресу в міжнародній стандартизації цього напрямку і доступного за цінами вимірювального обладнання. На сьогоднішній день проектування та виробництва ДС для промислових підприємств не приділяється належної уваги. Значна кількість сучасних джерел світла для промислових підприємств імпортується. Тому виникає важливе завдання розробки рекомендацій щодо застосування світлових приладів для промислових підприємств.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку є одним з базових ручних технологій в проектній практиці. Зазвичай цей метод застосовують для розрахунку середньої освітленості розрахункової поверхні в приміщеннях [1].

Застосування тільки одного коефіцієнта використання світлового потоку не дозволяє раціонально підібрати криву сили світла (КСС) світлового приладу, так як при цьому частина робочої поверхні просто не буде висвітлена. Рівномірність розподілу освітленості по розрахунковій поверхні, відповідно до вимог ДБН враховують, використовуючи коефіцієнт нерівномірності, що дорівнює відношенню максимальної освітленості на майданчику до середньої [2]. Однак недосконалість даного показника давно є предметом дискусій, і в останній час інші підходи були не тільки запропоновані, але і введені в нормативні документи.

Поряд з цим у світовій практиці для оцінки рівномірності освітлення пропонується використовувати критеріальну оцінку і коефіцієнт варіації [3].

Критеріальна оцінка визначається як відношення числа розрахункових точок N_c , задовольняють даним критерієм, до загальної кількості розглянутих точок N .

Так, наприклад, при нормуванні середньої освітленості $E_{\text{норм}}$ критерій IL визначається як

$$IL = \frac{N_c}{N}, \quad (2.1)$$

де N_c - число розрахункових точок, для кожної із яких виконується умова:

$$E_i \geq E_{\text{норм}}, \quad (2.2)$$

Більш досконалим є коефіцієнт варіації (CV), статистично ураховувати розкид значень $\{E_{ij}\}$:

$$CV = \frac{\sigma(E)}{E_{cp}}, \quad (2.3)$$

де E_{cp} - середнє значення освітленості робочої поверхні;

$\sigma(E)$ - середньоквадратичне відхилення значень $\{E_{ij}\}$ щодо E_{cp} :

$$\sigma(E) = \sqrt{\frac{1}{N(E_i - E_{cp})^2}}. \quad (2.4)$$

Розробка комплексного методу оцінки оптимальності світлотехнічної частини освітлювальних установок промислових об'єктів в розрізі сучасних енергоефективних джерел світла є актуальною задачею.

Промислові світлові прилади мають дуже широку сферу застосування. Це стосується і геометрії приміщень, і вимог, що пред'являються до якості світла. Промислове освітлення поєднує склади різної продукції, складальні ділянки,

ділянки контролю та підготовки виробництва. У кожному разі - свої особливості і, відповідно, унікальні вимоги до якості світла. Таким чином, з'ясувати, який світильник краще, можна, тільки порівнюючи їх стосовно до конкретного проекту.

Визначення групи критеріїв для вибору найбільш оптимальної форми КСС з типових видів і сучасної освітлювальної установки (ОУ) для стандартного приміщення. Виходячи з вищевикладеного, для вибору оптимальної КСС може бути використаний коефіцієнт використання світлового потоку спільно з оцінкою рівномірності освітлення робочої поверхні, яку слід проводити за коефіцієнтом рівномірності і критеріальною оцінкою. Розрахунок коефіцієнта використання світлового потоку доцільно проводити методом прямого трасування променя, використовуючи сучасні пакети світлотехнічного моделювання (Dialux, Lightscare та ін.). У загальному вигляді алгоритм вибору оптимальної форми КСС для освітлювальної установки наведено на рис. 2.3.

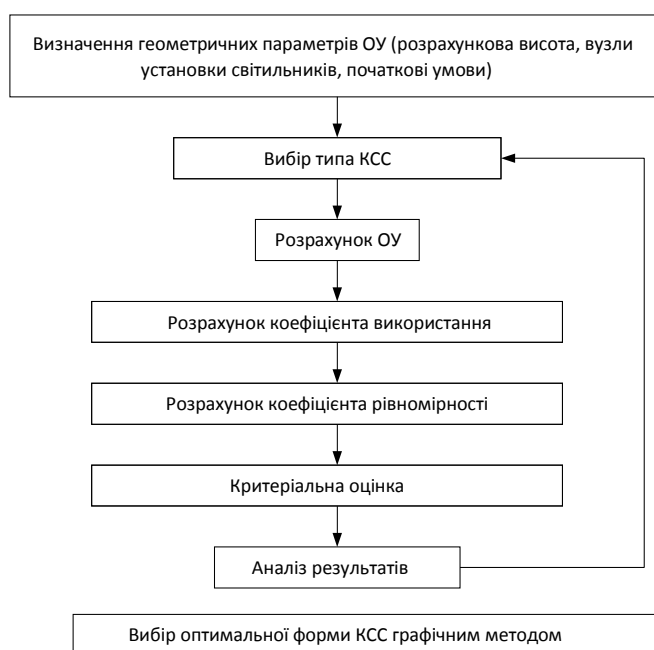


Рисунок 2.3 – Алгоритм вибору оптимальної форми КСС для ОУ

Результати світлотехнічних розрахунків для цеху відповідно до алгоритму вибору наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результат світлотехнічного розрахунку для холодильного складу молочної продукції з врахуванням типових КСС

Тип КСС	$E_{\text{ср, лк}}$	$\eta_{\text{о,у}}$ %	$E_{\text{ср}}/E_{\text{max}}$	IL	$E_{\text{max}}/E_{\text{ср}}$	$E_{\text{min, лк}}$	$E_{\text{max, лк}}$
К1	214	88,36	0,899	0,85	1,112	101	238
К2	223	92,08	0,907	0,725	1,103	102	246
К3	231	95,38	0,868	0,509	1,152	110	266
Г1	206	85,06	0,862	0,755	1,160	106	239
Г2	212	87,54	0,865	0,619	1,156	104	245
Г3	218	90,01	0,886	0,509	1,128	104	246
Д3	195	80,52	0,867	0,682	1,154	109	225

Вибір оптимальної форми КСС графічним методом представлений на рис. 2.4.

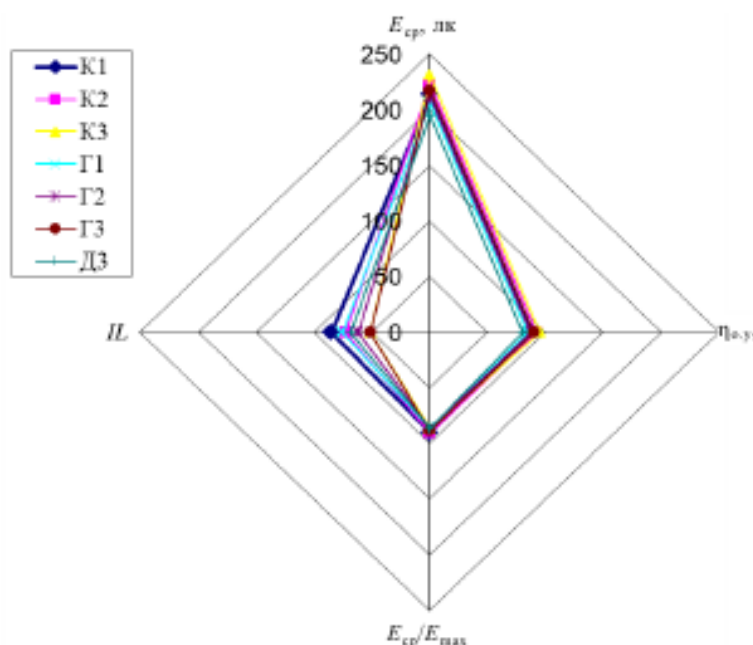
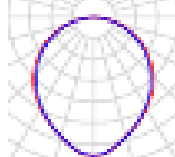
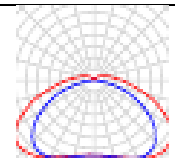
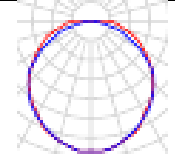
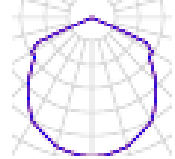


Рисунок 2.4 - Вибір оптимальної форми КСС графічним методом

Як видно з рис. 2.4, оптимальної для даного приміщення при заданих вузлах розстановки світильників є КСС типу К1, а при ручному розрахунку по К2 з оптимального відношення відстаней між сусідніми світильниками або рядами до висоти їх установки (L/H_p) [4]. Як видно з табл. 2.1, прийнятий на стадії ручного розрахунку оптимальним світильник з КСС типу К2 програє по рівномірності освітлення розрахункової поверхні. При цьому необхідно відзначити завищенні значення коефіцієнта використання світлового потоку,

що можливо призвело до зниження рівня освітленості $E_{min} < 200$ лк (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Результат світлотехнічного розрахунку світлових приладів із різнотипними КСС

№	Тип КСС	E_{cp} , лк	$\eta_{o,y}$ %	E_{cp}/E_{max}	IL	E_{max}/E_{cp}	E_{min} , лк	E_{max} , лк
1		208	95,04	0,825	0,75	1,211	102	252
2		213	82,19	0,855	0,76	1,169	117	249
3		208	92,01	0,848	0,80	1,177	106	245
4		241	101,56	0,750	0,41	1,33	101	321

Вибір оптимальної КСС графічним методом представлений на рис. 2.5.

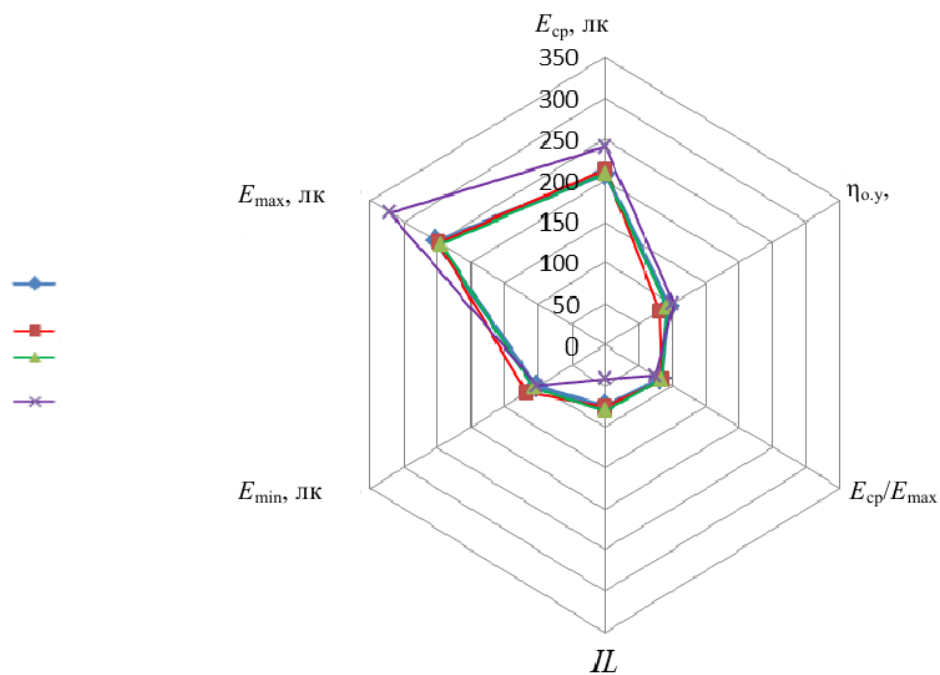


Рисунок 2.5 - Вибір оптимальної ОУ графічним методом

Як видно з табл. 2.4 і рис. 2.5, оптимальними ОУ для приміщення холодильного складу молочної продукції є світильник під номером 3.

Таким чином за допомогою представленого алгоритму можна визначати оптимальний світлорозподіл світлових приладів в залежності від габаритів приміщення та необхідної освітленості.

2.3 Розробка програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки

Рішення задач проектування виробничих приміщень, так само як і їх методичний супровід при підготовці студентів інженерних спеціальностей, залишаються актуальними, незважаючи на постійний розвиток інформаційних технологій. Особливо гостро ці завдання постають в умовах необхідності імпортозаміщення сучасних програмних продуктів. Пріоритетними в сучасній науці вважаються завдання по створенню інформаційних систем підтримки проектування виробничих будівель і споруд, що неможливо без організації потоків інформації і впровадження сучасних алгоритмів обробки інженерних даних.

Незалежно від розмірів і структури виробничих підприємств, при їх проектуванні необхідно виконувати такі основні види розрахунків:

- розрахунок освітлення;
- розрахунок вентиляції;
- розрахунок опалення;
- розрахунок водопостачання.

В даний час на ринку є великий вибір систем автоматизованого проектування і спеціалізованого програмного забезпечення, однак для ефективного вирішення дослідницьких і проектних завдань залишається актуальним питання розробки і впровадження вітчизняних, сумісних з вимогами нормативних актів, інформаційних систем підтримки проектування і дослідження параметрів виробничих будівель і споруд.

Окремо стоять системи розрахунку освітлення виробничих приміщень. Широко поширений програмний комплекс Dialux чудово справляється з завданнями моделювання освітлення, проте він малоприматний для використання у вищих навчальних закладах, оскільки має закриту архітектуру і не дозволяє користувачеві докладно вивчити весь процес розрахунку, виконати порівняльний аналіз результатів розрахунків за різними методиками та ін.

З метою вирішення зазначених завдань приступили до розробки програмного комплексу «Розрахунок освітлення виробничого підприємства», що входить в інформаційну систему «Проектування виробничого підприємства», що дозволяє правильно організувати інформаційні процеси розрахунку і підвищити ефективність роботи дослідника.

Програмний комплекс «Розрахунок освітлення виробничого підприємства» дозволяє виконати розрахунки природного та штучного освітлення. Розрахунок штучного освітлення реалізований за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку освітлювальної установки застосовують при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в приміщенні при відсутності великих затінюють предметів і з урахуванням відбитих від стін і стелі світлових потоків. Метод не можна застосовувати при розрахунку локалізованого освітлення, освітлення похилих поверхонь і місцевого освітлення.

Наведемо порядок розрахунку освітлення виробничого приміщення за методом коефіцієнта використання світлового потоку для світильників із світлодіодами, реалізований в програмному комплексі «Розрахунок освітлення виробничого підприємства».

При рівномірному розміщенні світильники розподіляють по кутах прямокутника або вершин ромба з урахуванням доступу світильника для обслуговування і визначають розрахункову висоту установки світильників:

$$H_p = H_0 - h_c - h_p, \quad (2.5)$$

де H_0 - висота приміщення, м;

h_c - висота звису світильників (відстань від світлового центру світильника до перекриття), що визначається з урахуванням розмірів світильника і способу їх установки, м;

h_p - висота розміщення над підлогою розрахункової поверхні (поверхності, на якій нормується освітлення), м.

Відстань між рядами світильників L'_B , м, визначають за формулою

$$L'_B \approx \lambda_c H_p, \quad (2.6)$$

де λ_c - оптимальна відстань між світильниками.

Відстань від стіни до найближчого ряду світильників l'_B приймають в межах (0,3...0,5) L'_B .

Число рядів світильників:

$$N'_B = \frac{B - 2l'_B}{L'_B} + 1. \quad (2.7)$$

Дійсне відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}. \quad (2.8)$$

де $a = 0,4$ при $l_B \approx 0,3L_B$ та $a = 0$ при $l_B \approx 0,5L_B$.

Індекс приміщення визначається по формулі:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}. \quad (2.9)$$

Число світильників в освітленому приміщенні визначається по формулі:

$$N'_{\Sigma} = \frac{E_{\min} k_3 SZ}{n_c \Phi}. \quad (2.10)$$

Перевірка розрахунку освітлювальної установки провидиться згідно формули:

$$E = \frac{\Phi n_c N_{\Sigma}}{k_3 SZ}. \quad (2.11)$$

Алгоритми розрахунку освітлення реалізовані у вигляді послідовного введення параметрів розрахунку. При цьому всі параметри можна ввести вручну в відповідні текстові поля або скористатися довідником.

Наведемо приклад послідовності дій при роботі з програмним продуктом в режимі розрахунку штучного освітлення методом коефіцієнта використання.

На рис. 2.6 показано інтерфейс програми розрахунку.

$$H_p = H_0 - h_c - h_p$$

$H_0 =$	<input type="text" value="27"/>
$h_c =$	<input type="text" value="0.3"/>
$h_p =$	<input type="text" value="0"/>
$H_p =$	<input type="text" value="24"/>

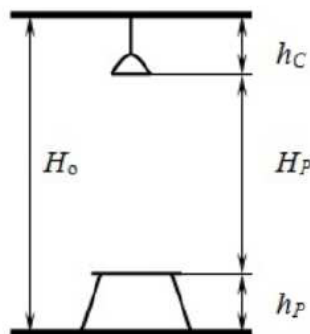


Рисунок 2.6 – Інтерфейс програми розрахунку

На рис. 2.7 показано розрахунок відстані між рядами світильників

$$L'_B \approx \lambda_c \cdot H_p$$

$\lambda_c = 0.7$

$L'_B = 1.68$

Рисунок 2.7 – Розрахунок відстані між рядами світильників

На рис. 2.8 показано інтерфейс програми розрахунку схеми розташування світильників

$$l'_B = (0,3 \dots 0,5)L'_B$$

$l'_B = 0.5$

$$N'_B = \frac{B - 2l'_B}{L'_B} + 1$$

$B = 5$

$N'_B = 3$

$$L_B = \frac{B}{N'_B - a}$$

$a = 0.4$

$L_B = 1.92$

Рисунок 2.8 - Інтерфейс програми розрахунку схеми розташування світильників

На рис. 2.9 показано розрахунок кількості світильників та проведення перевірного розрахунку.

$$N'_A = \frac{N'_\Sigma}{N'_B} \quad N'_A = \boxed{15}$$

$$N_\Sigma = N'_A \cdot N'_B \quad N_\Sigma = \boxed{45}$$

$$E = \frac{\Phi_l n_c N_\Sigma \eta}{k_3 S_z} \quad E = \boxed{104.35}$$

Рисунок 2.9 - Розрахунок кількості світильників та проведення перевірного розрахунку

Розроблений програмний комплекс дозволяє автоматизувати процес світлотехнічного розрахунку промислових та виробничих приміщень.

2.4 Вибір світлових приладів та аналіз результатів світлотехнічного розрахунку

Згідно вище представленого алгоритму для кожного приміщення об'єкту, що проектується було вибрано схему розташування світильників, яка зображена на рис. 2.10. Більш детально схему розташування світильників можна переглянути на кресленнях



Рисунок 2.10 – Схема розташування світильників

Виходячи із схеми розташування світильників, площі приміщення, необхідної освітленості було вибрано типи світильників з оптимальними КСС.

Загальна специфікація вибраного обладнання наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Специфікація світлотехнічного обладнання

№	Освітлювальна арматура	Тип світлового приладу	Кількість, шт
1	Світильник світлодіодний 120Вт, IP65	ДСП67В-120-122	66
2	Світильник світлодіодний 80Вт, IP65	ДПП27У-80-124	276
3	Світильник світлодіодний 80Вт, IP65 з БАЗ	ДПП27У-80-324	8
4	Світильник світлодіодний 120Вт, IP65	ДПП27У-120-124	45
5	Світильник світлодіодний 120Вт, IP65 з БАЗ	ДПП27У-120-324	10
6	Світильник світлодіодний 25Вт, IP65	ДСП65В-25-202	61

Продовження таблиці 2.5

7	Світильник світлодіодний 25Вт, IP65 з БАЗ	ДСП65В-25-112	1
8	Світильник світлодіодний 80Вт, IP65	ДСП65В-80-202	12
9	Світильник світлодіодний 36Вт, IP65	ДПО20У-36-111	64
10	Світильник світлодіодний 35Вт, IP65	ДПО26В-35-001	12
11	Світильник світлодіодний 16Вт, IP65	ДББ26У-16-004	39
12	Прожектор світлодіодний 80Вт, IP65	ДО72У-60-05	18
13	Світильник світлодіодний 16Вт, IP65	ДСП59У2Ех-60-023	1
14	Світловий покажчик «вихід» аварійний, IP65	ДПП06У-8-211	26
15	Світловий покажчик «ПК» аварійний, IP65	ДПП06У-8-211	5

Більш детальна характеристика світлотехнічного обладнання наведено нижче на рис. 2.11-2.19.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд світильника типу ДСП67В



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд світильника типу ДПП27У



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд світильника типу ДСП65В



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд світильника типу ДПО20У



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд світильника типу ДПО26В



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд світильника типу ДББ26



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд вибухозахищеного світильника типу ДСП59У2Ех



Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд прожектора типу ДО72У



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд світильника типу ДПП06У (аварійний)

Перевірка результатів розрахунку проводилася в середовищі програми Dialux (табл. 2.6)

Таблиця 2.6 – Порівняння розрахункових результатів розрахунку із нормативними значеннями

№	Найменування	Нормовані значення освітленості згідно ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення, лк	Розрахункові значення освітленості, лк
1	Експедиція складу пакувальних матеріалів	200	221
2	Операторська	300	331
3	Коридор	150	177
4	Туалет для чоловіків, працівників складу	100	121
5	Туалет для жінок, працівників складу	100	121
6	Лабораторія вхідного контролю якості	300	310
7	Приміщення контролю якості	300	310
8	Кімната підлого мийних машин	100	147
9	Комора	100	121
10	Стелажний склад пакувальних матеріалів	150	198
11	Експедиція складу УНТ-продукції	200	208
12	Стелажний склад УНТ-продукції	150	198
13	Експедиція холодного складу з	200	251

	зоною комплектації (+4°C)		
14	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	200	217
15	Холодильний склад молочної продукції (+4°C)	200	224
16	Морозильна камера (-18°C)	150	167
17	Морозильна камера (-18°C)	150	167
18	Морозильна камера (-18°C)	150	167
19	Морозильна камера (-7°C)	150	167
20	Технологічний коридор	50	84
21	Приміщення інтенсивного охолодження (+4°C)	150	168
22	Кімната споживання їжі	200	243
23	Водомірний вузол	300	310
24	Електрощитова	300	310
25	Тепловий тамбур	50	85
26	Паливна	150	186
27	Гардероб для чоловіків	200	227
28	Комора притирального інвентарю	50	99
29	Душова	50	99
30	Вбиральня для чоловіків	50	99
31	Вбиральня для жінок	50	99
32	Приміщення зберігання спец одягу	50	99
33	Коридор	100	153
34	Гардеробна для жінок	150	199
35	Душова	50	74
36	Архів	150	159
37	Кімната прийому їжі для ІТР	200	172

38	Вбиральня для чоловіків	150	163
39	Вбиральня для жінок	150	163
40	Кабінет зав. складом	300	337
41	Комора притирального інвентарю	300	353
42	Кабінет виписки супровідної документації	50	86
43	Туалет для водіїв	50	88
44	Зона очікування водіїв	200	269
45	Тепловий тамбур	100	154
46	Хол	100	133
47	Кабінет відділу логістики	300	314
48	Кабінет нач. Відділу логістики	300	314
49	Кабінет	300	314
50	Кабінет	300	314
51	Кабінет	300	314
52	Кабінет	150	164

Розрахункові значення освітленості перевищують нормовані показники освітленості на 20-35%. Більш детально світлотехнічний розрахунок в програмі DiaLux представлено в додатку 1

2.5 Висновки до розділу

Проведено світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки складу готової продукції та матеріалів молокозаводу. На основі отриманих результатів можна стверджувати, що запропоновані підходи до світлотехнічного розрахунку є справедливими. Розрахункові результати перевищують нормовані показники на 20-35%

3 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок мережі живлення електричного освітлення по струму навантаження

Встановлена потужність освітлення P_y складається з потужності всіх світлових приладів, що живляться відповідною ділянкою мережі. Якщо джерело світла - люмінесцентні лампи, то додатково додаються втрати в ПРА - 25% до потужності ламп. Розрахункове навантаження освітлення мережі живлення визначається за формулою

$$P_p = P_y K_n, \quad (3.1)$$

де K_n - коефіцієнт попиту, значення його в залежності від встановленої потужності робочого освітлення будівель наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта попиту в залежності від встановленої потужності

K_n	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
P_y , кВт	<5	5-10	10-15	15-25	25-50	50- 100	100- 200	200- 500	>500

При розрахунку групової мережі робочого освітлення і групових мереж евакуаційного та аварійного освітлення будівель, освітлення вітрин і світлової реклами коефіцієнти попиту приймаються рівними 1.

Розрахункове навантаження (в кіловатах) ліній живлення і вводів у робочому та аварійному режимі при спільному живленні силових електроприймачів і освітлення визначається за формулою:

$$P_p = k(P_{po} + P_{pc} + 0,4P_{конд}), \quad (3.2)$$

де k - коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи холодильне устаткування і освітлення (табл. 3.2);

P_{po} - розрахункове навантаження, що споживається системою освітлення, кВт;

P_{pc} - розрахункове навантаження силових електроприймачів без холодильних машин, систем кондиціонування повітря, кВт;

$P_{конд}$ - розрахункове навантаження холодильного устаткування, систем кондиціонування повітря, кВт.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта k

Без кондиціонування повітря	1	0,95	0,9	0,95	1
Із кондиціонування повітря	1	0,85	0,75	0,85	1
Відношення розрахункового навантаження до силового, %	<20	20-75	76-140	141-250	>250

Так само розрахункове навантаження живильної освітлювальної мережі визначається множенням встановленої потужності світлових приладів на коефіцієнт попиту K_n .

При відсутності даних обстежень K_n слід приймати рівним:

1 - для дрібних виробничих будівель і торгових приміщень, зовнішнього освітлення;

0,95 - для виробничих будівель, що складаються з окремих великих прольотів;

0,9 - для бібліотек, адміністративних будівель і підприємств громадського харчування;

0,8 - для виробничих будівель, що складаються з великої кількості окремих приміщень;

0,6 - для складських будівель і електростанцій, що складаються з великої кількості окремих приміщень.

При розрахунку групової мережі і всіх ланок мережі аварійного освітлення K_n приймається рівним 1.

Для визначення мінімально допустимого перерізу проводів необхідно визначити розрахункові струми, які для трифазної мережі з нулем складають:

- для двохпровідної (однофазної) лінії

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{U_\phi \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

- для трьохпровідної двохфазної (дві фази і нуль) лінії

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{2U_\phi \cos \varphi}, \quad (3.4)$$

- для чотирьохпровідної трифазної (три фази і нуль) лінії

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi}, \quad (3.5)$$

де P - активне розрахункове навантаження, кВт;

U_ϕ - фазна напруга, В;

$U_{л}$ - лінійна напруга, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження.

Для мереж освітлення з лампами розжарювання коефіцієнт потужності дорівнює 1, для мереж з люмінесцентними лампами, з компенсацією реактивної потужності 0,95, а без конденсаторів в схемах - 0,57. Застосування світильників з люмінесцентними лампами з некомпенсованими ПРА не допускається. Для світлодіодних світильників коефіцієнт вибирається в залежності від характеристик світильників. Згідно світлотехнічного розрахунку було вибрано світильники із коефіцієнтом потужності 0,95.

У табл. 3.3 наведені значення тривало допустимих струмів навантаження для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з мідними (чисельник) і алюмінієвими жилами (знаменник), прокладеними відкрито і в одній трубі. Такий спосіб прокладки електропроводки виробничих освітлювальних мереж є найбільш поширеним і досить загальним для прийняття струмових навантажень в цілому при інших способах прокладки.

Таблиця 3.3 - Тривало допустимі струми навантаження для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з мідними (чисельник) і алюмінієвими жилами (знаменник)

Переріз провідника, мм ²	Проводи, прокладені відкрито	Струмове навантаження, А		
		Провід прокладений в трубі		
		Два одножильних	Три одножильних	Чотири одножильних
1	17/-	16/-	15/-	14/-
1,5	23/-	19/-	17/-	16/-
2,5	30/24	27/20	25/19	25/19
4	41/32	38/28	35/28	30/23
6	50/39	46/36	42/32	40/30
10	80/55	70/50	60/47	50/39
16	100/80	85/60	80/60	75/55
25	140/105	115/80	100/80	90/70

Продовження таблиці 3.3

35	170/130	135/100	125/95	115/85
50	215/165	185/140	170/130	150/120
70	270/210	225/175	210/165	185/140
95	330/255	275/215	255/200	225/175
120	385/295	315/245	290/220	260/200
150	440/340	360/275	330/255	-

Таким чином, на підставі максимального розрахункового струму навантаження на даній ділянці мережі по табличних даних ПУЕ знаходиться мінімально можливе перетин жили проводу.

3.2 Розробка схеми живлення освітлювальної установки та вибір кабелів

На основі схеми розташування світильників було проведено розробку схеми живлення. На рис. 3.1 та 3.2 показано схему живлення робочим та аварійним освітленням та евакуаційне освітлення.

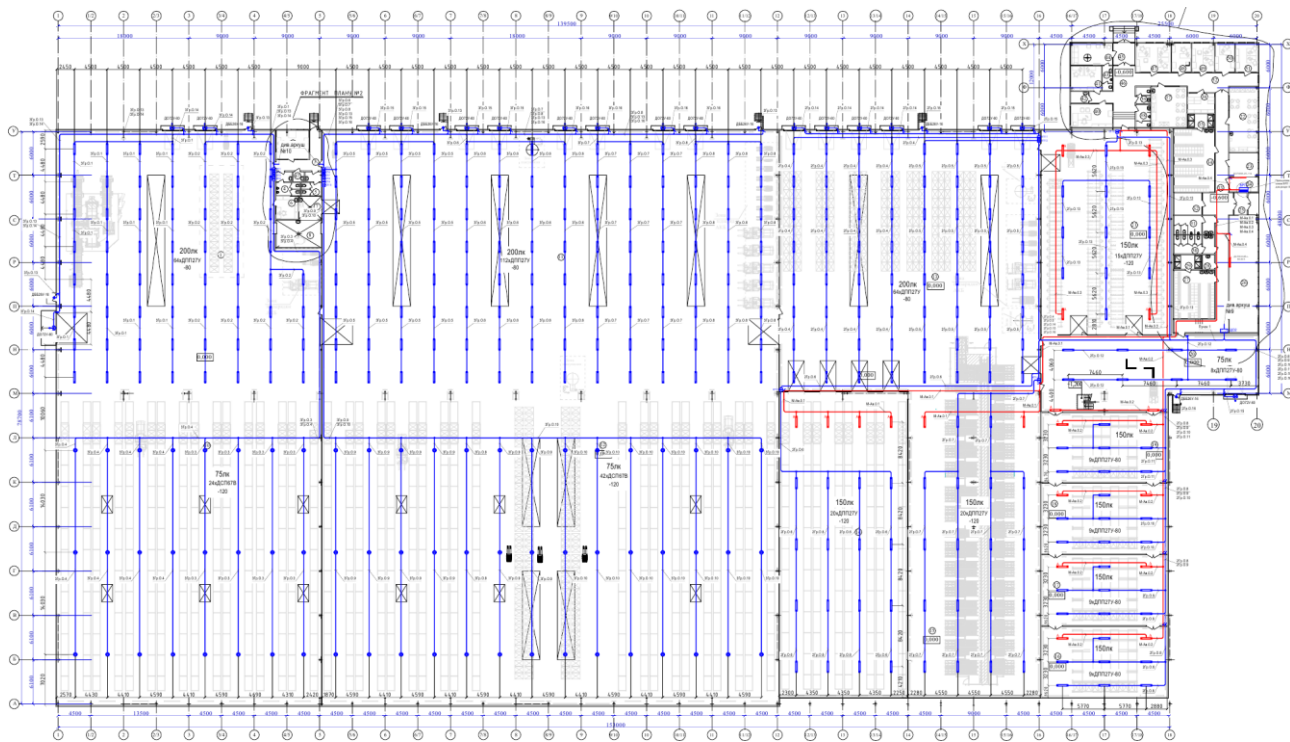


Рисунок 3.1 – Схеми робочого та аварійного освітлення

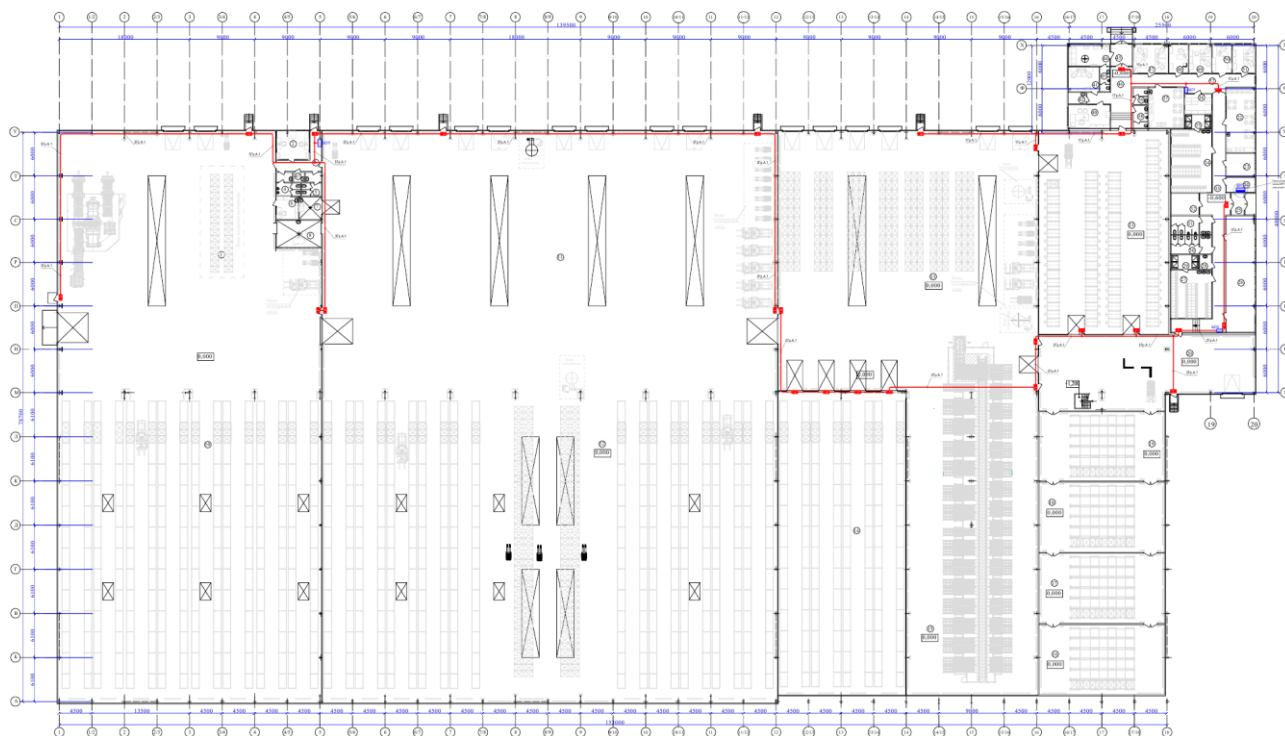


Рисунок 3.2 – Схема евакуаційного освітлення

Загальна встановлена потужність електроосвітлення складає 43,11кВт. Розподіл потужностей по приміщеннях наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розподіл навантаження в приміщеннях складу готової продукції та матеріалів із типу світлових приладів

Номер приміщення згідно експлікації	Тип світлового приладу	$P_{уст}$, кВт	Струмове навантаження ($I_{ном}$), А
36, 37, 46, 52	ДПО20У-36-111	0,396	2,0
38, 39, 45	ДББ26У-16-004	0,096	0,5
40, 42, 44	ДПО20У-36-111	0,468	2,3
41, 43	ДББ26У-16-004	0,048	0,2
47, 48	ДПО20У-36-111	0,36	1,8
49-51	ДПО20У-36-111	0,432	2,1

Продовження таблиці 3.4

Освітлення входів	ДББ26У-16-004	0,016	0,1
Показчик «Вихід»	ДБО01ВСП-6-А	0,03	0,1
22	ДПО20У-36-111	0,144	0,7
23, 24, 26	ДСП65В-25-202	0,4	2,0
34	ДПО26В-35-001	0,21	1,0
33	ДПО20У-36-111	0,216	1,1
25, 35	ДББ26У-16-004	0,064	0,3
27	ДПО26В-35-001	0,21	1,0
28-32	ДББ26У-16-004	0,176	0,9
13 (зона №1)	ДПП27У-80-124	2,56	4,2
13 (зона №2)	ДПП27У-80-124	2,56	4,2
14	ДПП27У-120-124	1,92	3,2
15	ДПП27У-120-124	2,16	3,16
16	ДПП27У-80-124	0,56	2,8
17	ДПП27У-80-124	0,56	2,8
18	ДПП27У-80-124	0,56	2,8
19	ДПП27У-80-124	0,56	2,8
20	ДПП27У-80-124	0,64	3,2
21	ДПП27У-120-124	1,32	2,2
Освітлення воріт №1-4 прим. 13	ДО72У-60-05	0,24	1,2
Освітлення воріт № 5,6 прим. 13 та №1 прим. 20	ДО72У-60-05	0,18	0,9
Освітлення входів	ДББ26У-16-004	0,048	0,2

Продовження таблиці 3.4

Показчик «Вихід»	ДБО01ВСП-6-а	0,078	0,4
1 (зона №1)	ДПП27У-80-124	2,56	2,24
1 (зона №2)	ДПП27У-80-124	4,2	3,7
10 (зона №1)	ДСП67В-120-132	1,44	2,4
10 (зона №2)	ДСП67В-120-132	1,44	2,4
11 (зона №1)	ДПП27У-80-124	2,56	4,2
11 (зона №2)	ДПП27У-80-124	2,56	4,2
11 (зона №3)	ДПП27У-80-124	1,92	3,2
11 (зона №4)	ДПП27У-80-124	1,92	3,2
12 (зона №1)	ДСП67В-120-132	2,52	4,2
12 (зона №2)	ДСП67В-120-132	2,52	4,2
2, 3	ДПО20У-36-111	0,288	1,4
4, 5, 9	ДББ26У-16-004	0,112	0,6
6-8	ДСП65В-25-202	0,48	2,4
Освітлення входів	ДББ26У-16-004	0,08	0,4
Освітлення воріт №1-3 прим. 1	ДО72У-60-05	0,18	0,9
Освітлення воріт №1-4 прим. 11	ДО72У-60-05	0,24	1,2
Освітлення воріт №5-8 прим. 11	ДО72У-60-05	0,24	1,2
Показчик «Вихід»	ДБО01ВСП-6-а	0,048	0,2
54	ДСП65В-80-202	0,96	4,7
53, 56, 57	ДСП65В-25-202	0,375	1,9
55	ДСП65В-25-202	0,45	2,2

Вибір автоматичних вимикачів вибирався згідно наступних тверджень. На першому етапі потрібно розрахувати встановлену потужність $P_{уст}$, ці дані наведено в табл. 3.4. При цьому розрахункова потужність буде дорівнювати:

$$P_{роз} = K_n P_{уст}. \quad (3.6)$$

Повна розрахункова потужність враховуючи коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,95$ розраховується за формулою:

$$S_{роз} = \frac{P_{роз}}{\cos \varphi}. \quad (3.7)$$

Розрахунковий струм розраховується за формулою:

$$I_{роз} = \frac{S_{роз}}{U}. \quad (3.8)$$

Виходячи із значення розрахункового струму вибирається найближчий більший автоматичний вимикач.

На основі проведених розрахунків та ряду технічних рішень було побудовано принципову розрахункову схему розподільчої мережі освітлення, які зображенні рис. 3.3-3.6.

Для кожної лінії було розраховано переріз проводів та вибрано тип проводів згідно методики представленої вище.

Лінії групової та розподільчої мережі робочого освітлення прокладаються мідними кабелями типу ВВГнгд в усіх приміщеннях. Лінії евакуаційного та аварійного освітлення виконуються кабелем FLAME-X 950 (N)HXH 180/T90.

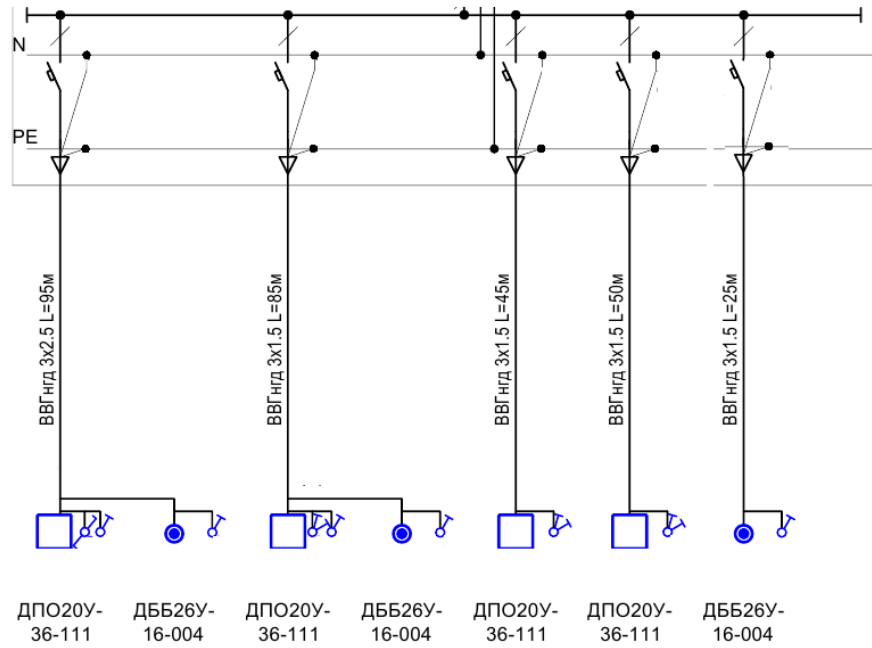


Рисунок 3.3 – Принципова розрахункова схема розподільчої мережі ЩО1

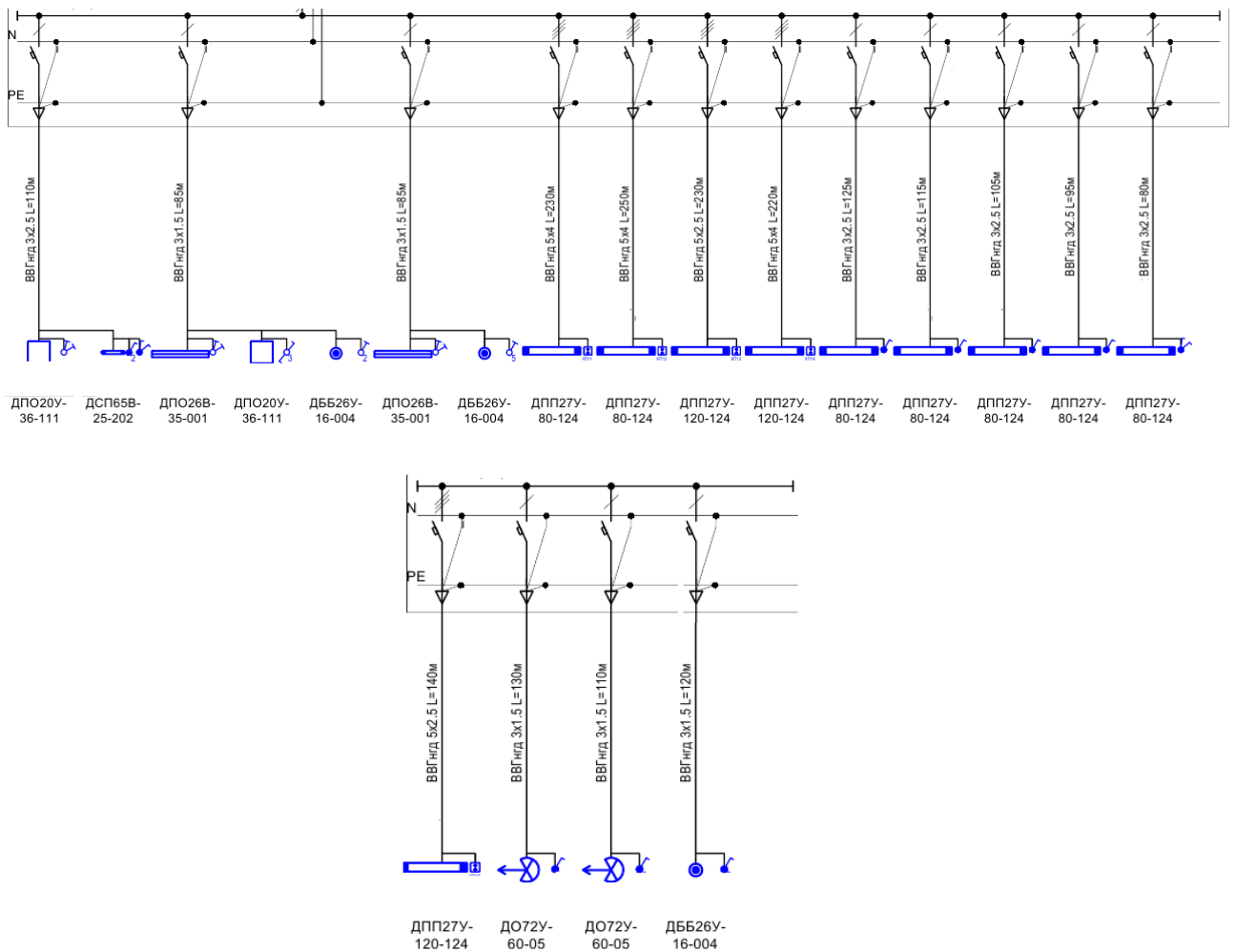


Рисунок 3.4 – Принципова розрахункова схема розподільчої мережі ЩО2

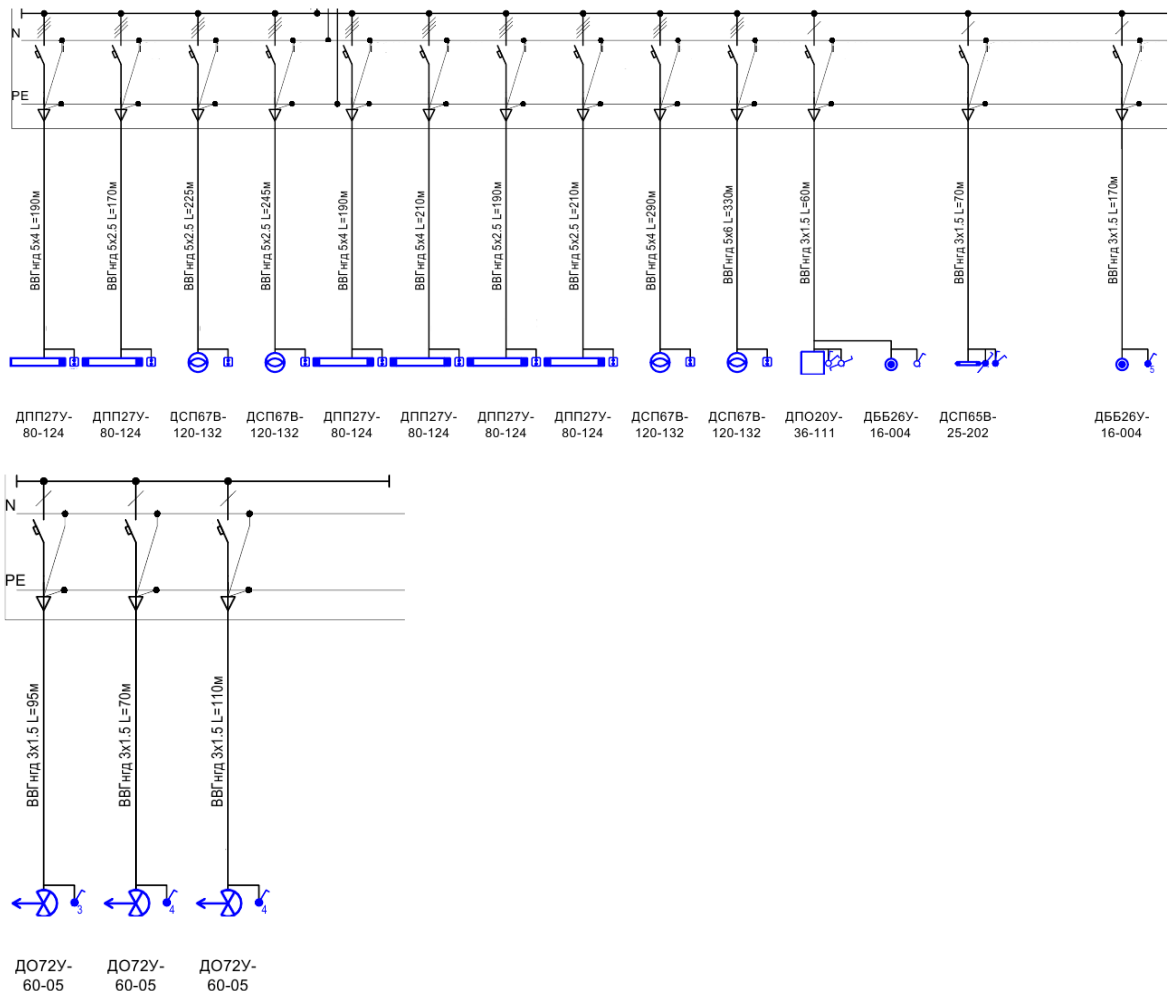


Рисунок 3.5 – Принципова розрахункова схема розподільчої мережі ЩО3

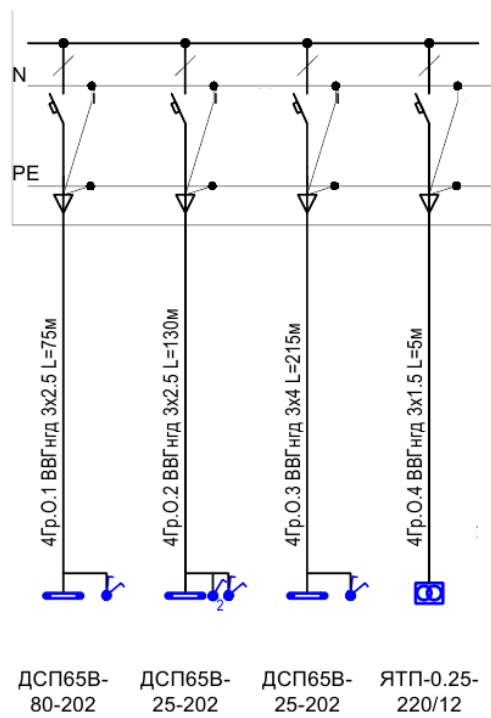


Рисунок 3.6 – Принципова розрахункова схема розподільчої мережі ЩО4

3.3 Висновки до розділу

Проведено розрахунок мережі живлення електричного освітлення по струму навантаження. Проведено вибір кабельних ліній. Описано методику вибору автоматичних вимикачів.

Розроблено принципові розрахункові схеми розподільчої мережі освітлення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Експлуатація світлового приладу та контроль за станом охорони праці

Правильна експлуатація установок штучного освітлення має значення для створення раціональних умов освітлення, забезпечення потрібних величин освітленості без додаткових затрат енергії. В установках з газорозрядними лампами необхідно слідкувати за справністю схем включення (не повинно бути видимих оку миготінь ламп), а також пускорегулюючих апаратів, про несправність яких можна судити по значному шуму дроселів.

Терміни очищення світильників в залежності від запилення приміщення передбачається діючими нормами і повинне виконуватись не менше 2-х разів на рік.

Своєчасно повинна проводитись заміна перегорівши ламп, яка здійснюється двома способами: індивідуальним – замінюється лампа після виходу її із ладу і груповим – через певний проміжок одночасно замінюються всі лампи (ДНаТ через 7500 год., люмінесцентні лампи 40 Вт – через 8000 год., люмінесцентні лампи 65-80 Вт – через 6300 год.) [10].

При оцінці виробничого освітлення не менше 1 разу на рік після попереднього очищення світильників і заміни перегорівши ламп слід перевіряти рівень освітленості в контрольних точках.

Основним приладом для вимірювання освітленості є об'єктивний люксметр Ю-16, заснований на принципі вимірювання фотоструму. Отримана фактична освітленість повинна бути більша або рівна нормованій освітленості, помноженій на коефіцієнт запасу.

При невиконанні цього співвідношення освітлювальна установка непридатна для подальшої експлуатації і потребує реконструкції або капітального ремонту.

Придатність для повторного використання знятих при груповій заміні розрядних ламп може бути визначена за допомогою приставного яскравоміра. Для заміру відносного світлового потоку напівциліндр приладу притискається до центру лампи, попередньо очищеної від пилу. Отримані покази люксметра пропорційні світловому потоку лампи, тому, порівнюючи результати заміру з аналогічними для нової лампи, можна визначити процент зниження світлового потоку і придатність лампи (відношення результатів замірів повинно бути не більше 0,6).

Оперативне обслуговування освітлювальної установки виконується оперативним персоналом.

Для контролю за станом освітлення потрібно вимірювати освітленість не менше 2-х разів на рік.

Заміна ртутних газорозрядних ламп (люмінесцентних ламп і ДРЛ) повинна виконуватись з великою обережністю. Потрібно слідкувати за тим, щоб лампи не розбились і не випарувалась наявна в них ртуть. Пари ртуті – сильний і небезпечний яд. Лампи, які зіпсувались, повинні зберігатись в пакувальних коробках в спеціально відведеному для цього місці. До вивезення ламп на звалища промислових відходів, яка міститься у лампах ртуть повинна бути забрана чи нейтралізована.

4.2 Протипожежні вимоги до освітлення

Закон України „Про пожежну безпеку” стаття 9 включають стандарти, технічні умови, інші нормативно-технічні документи на пожежонебезпечні технологічні процеси та вимоги пожежної безпеки, які погоджуються з органами державного пожежного нагляду. Продукція, в стандартах на яку є вимоги пожежної безпеки, повинна мати сертифікат, що засвідчує безпеку її використання, виданий у встановленому порядку.

Згідно правил пожежної безпеки в Україні всі електроустановки (можливість їх застосування, монтаж, наладка та експлуатація) повинні

відповідати вимогам чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ), Правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів (ПТБ) та інших нормативних документів.

Відстань від повітряних ліній електропередач до будівель і споруд, які містять вибухопожежонебезпечні та пожежонебезпечні приміщення, до вибухо- і пожежонебезпечних зон зовнішніх установок, а також горючих дахів та близьких частин будівель і споруд, що виступають, місць зберігання горючих матеріалів повинна відповідати величинам, визначеним ПУЕ.

Освітлювальні установки, світильники, електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту повинні відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струмів короткого замикання та інших аварійних режимів.

Переносні світильники обладнуються захисними скляними ковпаками й сітками. Для цих світильників слід застосовувати гнучкі кабелі та проводи з мідними жилами, спеціально призначеними для цієї мети, з урахуванням їх захисту від можливих пошкоджень.

Інші види світильників повинні розміщуватися від горючих матеріалів та предметів на відстані не менше 0,5 м, а від горючих будівельних конструкцій – не менше 0,2 м.

У разі неможливості дотримання вказаної відстані до будівельних конструкцій вони повинні бути захищені негорючими теплоізоляційними матеріалами.

У разі встановлення світильників на підвісні стелі чи облицювання з горючих матеріалів місця прилягання цих світильників необхідно захищати негорючим теплоізоляційним матеріалом (крім випадків, коли технічними умовами на світильники передбачається можливість їх монтажу на таких поверхнях чи конструкціях).

Освітлювальні установки вмикаються в електромережу тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань та електророзеток заводського

виготовлення. Влаштування, живлення, прокладання мереж аварійного та евакуаційного освітлення виконується відповідно до вимог будівельних норм.

Не дозволяється:

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідні проводи, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- застосування в пожежебезпечних зонах складських приміщень люмінесцентних світильників з відбивачами і розсіювачами, виготовленими з горючих матеріалів;
- використання в пожежебезпечних зонах світильників з лампами розжарювання без захисного суцільного скла (ковпаків), а також з відбивачами і розсіювачами, виготовленими з горючих матеріалів.

Все електрообладнання, в тому числі світильники, підлягає зануленню або заземленню.

Власник будь-якого підприємства зобов'язаний забезпечити обслуговування та технічну експлуатацію електроустановок, у тому числі світильників. Особа, призначена відповідальною за їх протипожежний стан зобов'язана :

- організовувати і проводити профілактичні огляди та планово-попереджувальні ремонти освітлювальних електроустановок, а також своєчасне усунення порушень, які можуть призвести до пожежі;
- забезпечувати правильність застосування освітлювальних установок залежно від класу пожеже- та вибухонебезпечності зон і умов навколишнього середовища;
- організовувати навчання та інструктажі чергового персоналу з питань пожежної безпеки під час експлуатації електроустановок.

4.3 Стійкості роботи об'єктів під час надзвичайних ситуацій

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання людських втрат, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами, а також причинами військового характеру

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створені для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру. Верховною Радою прийнятий Закон України "Про цивільну оборону України", а Кабінетом Міністрів України затверджено "Положення про цивільну оборону України".

Під стійкістю роботи об'єктів господарської діяльності розуміють здатність об'єкта виробляти встановлені види продукції в об'ємах і номенклатурі, що відповідають вимогам відповідних планів в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу, а також пристосованість цього об'єкта до відновлення в умовах його ушкодження. Для об'єктів, які не пов'язані з виробництвом матеріальних цінностей, стійкість визначається його здатністю виконувати свої функції.

Більш підготовленим до стійкої роботи будуть ті об'єкти, які реально оцінять фактори, що можуть формувати стан розвитку подій і об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу.

Підвищення стійкості технічних систем і об'єктів досягається, в основному, організаційно-технічними заходами, яким завжди передували дослідження стійкості конкретного об'єкта.

На першому етапі дослідження аналізують стійкість і уразливість його елементів в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу, а також оцінюють небезпеку виходу з ладу чи руйнування елементів, чи всього об'єкта в цілому. На цьому етапі аналізують:

— надійність устаткування і технологічних комплексів;

- наслідки аварій окремих систем виробництв;
- розповсюдження вибухової хвилі по території підприємства під час вибухів судин, комунікацій, ядерних зарядів;
- розсівання речовин, що звільняються під час надзвичайних ситуацій;
- можливість вторинного утворення токсичних, пожежо- і вибухонебезпечних сумішей та іншого.

Загальна схема аналізу небезпек об'єктів господарської діяльності під час розгортання надзвичайних ситуацій під час мирного часу наведена на рис. 7.1. За допомогою змісту цього рисунка можна простежити, як можуть бути сформовані обставини, які призведуть до негативних наслідків. Кожен раз для виявлення впливів небезпечних факторів необхідно виявити склад елементів, на які впливають ті небезпеки, які беруть участь у формуванні впливів.

Технологічний процес вивчається за обліком специфіки виробництва за час НС (зміни технології, часткове припинення виробництва, переключення на виробництво нової продукції та іншого). Оцінюється мінімум і можливість заміни енергоносіїв, можливість автономної роботи окремих одиниць обладнання об'єкта; запас і місце розташування СДЯР, ЛЗР й іншого; засоби безаварійної зупинки виробництва в умовах НС. Особливу увагу необхідно приділяти вивченню систем газопостачання, оскільки руйнування цих систем може призвести до появи вторинних уражуючих факторів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз методів проектування освітлювальних установок дозволив встановити доцільність використання світлотехнічних програм, що використовують метод глобального освітлення, що одним із найкращих варіантів реалізації якісного світлотехнічного проекту, дозволяючи на стадії проектування отримати результати з найменшим відхиленням від реальності. Встановлено, що відхилення світлотехнічних показників від реальних не перевищують 20-30%.

2. Проведено оптимізацію проектування сучасних систем освітлювальних об'єктів. Запропоновано алгоритм вибору оптимальної форми КСС для освітлювальної установки, що дозволяє підвищити якісні та кількісні показники освітленості на 15%.

3. Проведено світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки складу готової продукції та матеріалів молокозаводу. На основі отриманих результатів можна стверджувати, що запропоновані підходи до світлотехнічного розрахунку є справедливими. Розрахункові результати перевищують нормовані показники на 20-35%.

4. Проведено розрахунок мережі живлення електричного освітлення по струму навантаження. Проведено вибір кабельних ліній. Описано методику вибору автоматичних вимикачів. Розроблено принципіві розрахункові схеми розподільчої мережі освітлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Benoit ROISIN, Arnaud DENEYER, Peter D'HERDT, Christian EUGENE. Optimization of lighting power consumption in offices // SINAIA 2006 International Lighting Symposium « Modern Quality Solutions for an Efficient Lighting» 12-14 October 2006, Sinaia, Romania.
2. BIM [Электронный ресурс] // Википедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>
3. Julia B. Babanova and Vadim A. Lunchev. ENERGY SAVING CAPABILITIES WHEN USING CONTROL SYSTEMS FOR INTERIOR ILLUMINATION // LIGHT & ENGINEERING – 2012 - № 1 - P. 58-65.
4. Liisa Halonen and Eino Tetri. Energy savings through energy efficient lighting // Light & engineering – 2009 – N 4 – pp. 5-12.
5. Peter Dehoff. Lighting quality and energy efficiency is not a contradiction // Light & engineering – 2012 - № 3 - P. 34-39
6. Альберсен В., Ланге Х.-Х. Новое поколение тонких люминесцентных ламп (диаметром 16 мм) и проблемы их эффективного использования // Светотехника. - 1997. - № 1. – С 13.
7. Вернер В. Интеллектуальные системы управления внутренним освещением// Светотехника. -1993. - №4. - с 15-19. 139
8. Бабанова Ю.Б., Лунчев В.А.. Потенциал энергосбережения при использовании системы управления внутренним освещением // Светотехника – 2011 - № 5 – С. 35-40.
9. Блок-схемы алгоритмов. ГОСТ. Примеры [Электронный ресурс] // Блог программиста. Режим доступа: <http://pro-prof.com/archives/1462>
10. Варфоломеев Л.П. Элементарная светотехника. – М.: Световые технологии, 2013 - 288 с.
11. Поталіцин С.Ю. Оптимізація проектування систем освітлення промислових об'єктів / С. Ю. Поталіцин канд. техн. наук, Р.О. Драгун, Я. В. Синявський // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної

- конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.: Зб. тез доп. Т. 2. – Тернопіль, 2020. – С. 127.
12. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е.А. Конюхова – 5-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
 13. Вставская Е.В., Казаринов Л.С. Метод адаптивного управления освещением распределенных объектов // Вестник ЮУрГУ/ - 2006 - № 23 С. 70-74.
 14. Гвоздев-Карелин С., Новожилов С. Системы управления освещением «Осрам» для решения задач энергосбережения [Электронный ресурс] // Новостной и аналитический портал "Время электроники". Режим доступа: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/47098/47101/doc/47154/>
 15. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения – М., 1992
 16. ГОСТ 21.608-84. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи. Утверждён и введён с 14.03.1984. М. 1984. – 19 с.
 17. ГОСТ 32498-2013. Здания и сооружения. Методы определения показателей энергетической эффективности искусственного освещения. – М.: Стандартинформ, 2014 – 12 с.
 18. ГОСТ ISO 8995-2002. Принципы зрительной эргономики (Освещение рабочих систем внутри помещений). – М.: 2004 – 28 с.
 19. Гражданские сумерки [Электронный ресурс] // Циклопедия. Режим доступа: http://cyclowiki.org/wiki/Гражданские_сумерки (дата обращения: 21.03.2016)
 20. Гюлер Ё., Явуз С., Яникоглу Е. Оценка систем управления совмещённым освещением на основе результатов долгосрочных экспериментов [Электронный ресурс] // "Светотехника" - 2013 - №1.

- Режим доступа: <http://www.svetotekhnika.ru/ru/fullarticles/pages/fullarticles/ozenka-sistem-upravleniya>
21. Датчики движения для освещения [Электронный ресурс] // Заметки электрика: всё об электрике: электроснабжение, электрооборудование, 140 электромонтаж. 2011-2013. Режим доступа: <http://zametkielectrika.ru/datchik-dvizheniya-dlya-osveshheniya/> (дата обращения: 03.06.2013)
 22. Дехофф П. Качество освещения и энергоэффективность не противоречат друг другу // Светотехника – 2012 - № 3 – С. 64-68
 23. Егорченков В.А. Оценка естественного освещения зданий в условиях полужасного небосвода и биоритмы человека [Электронный ресурс] // Репозиторий Национального Авиационного Университета. Режим доступа: <http://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11430/1/Оценка%20естественного%20освещения%20зданий%20в%20условиях%20полужасного%20небосвода%20и%20биоритмы%20человека.doc>
 24. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс] // Autodesk.net. Режим доступа: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/BIM%20for%20buildings_Autodesk.pdf
 25. Кабельная продукция. Интернет-магазин [Электронный ресурс] // Интернет-магазин «Электрик». Режим доступа: <http://svetelektro.net/cable-wire>
 26. Каталог Northcliff 2013 [Электронный ресурс] // русскоязычный сайт компании «Нордклифф». - 2013. Режим доступа: http://www.northcliffe.ru/files/367/Book_forsite1.pdf
 27. Каталог продукции интернет-магазина Lampra.ru [Электронный ресурс] // Интернет-магазин Lampra.ru. Режим доступа: <https://lampra.ru/catalog/>
 28. Каталог светотехнической продукции [Электронный ресурс] // Группа компаний «Световые технологии», 2016. – 556 с. Режим доступа:

- <http://ltcompany.com/model.php?id=550> (дата обращения: 03.06.2013).1
29. Каталог электротехники и электрооборудования ЭТМ [Электронный ресурс] // Интернет-магазин электротехники и светотехники ЭТМ. Режим доступа: <http://www.etm.ru/cat/products.html>
 30. Клыков М.Е. Электронные пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп и системы автоматического управления // Брошюра 141 ПРООН/ГЭФ/Минэнерго под редакцией проф. Ю.Б. Айзенберга, М.: Знак, 2011 – 16 с.
 31. Кнорринг Г. М. Осветительные установки. – М.: Энергоиздат, 1981.
 32. Коган Л. М. Новые светодиоды и устройства на их основе // Светотехника. – 1997. - № 3. - С 27–30.
 33. Козловская В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацкевич. – Минск: Техноперспектива, 2007 - 255 с.
 34. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е.А. Конюхова – 5-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.

ДОДАТКИ

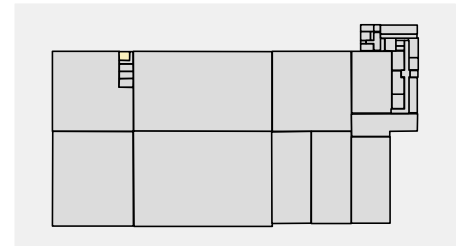
Объект : Люстдорф
Установка :
Номер проекта : 197-20
Дата : 12.08.2020



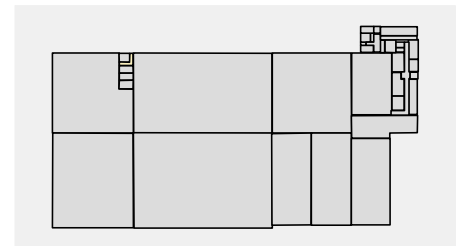
Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

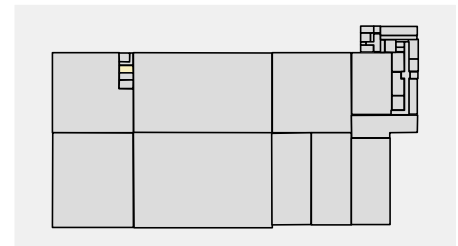
2 Операторська 3 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 12960 lm
Общая мощность 108 W
Удельная мощность на поверхность 5.71 W/m²
E_m 331 lx
E_{min} 181 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.55
UGR <=19.1



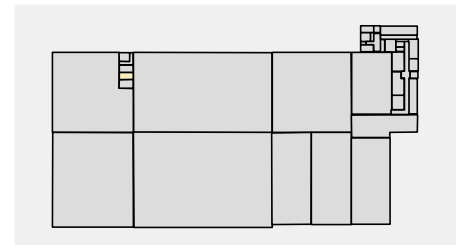
3 Коридор 3 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 6600 lm
Общая мощность 60 W
Удельная мощность на поверхность 3.79 W/m²
E_m 177 lx
E_{min} 48 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.27
UGR ---



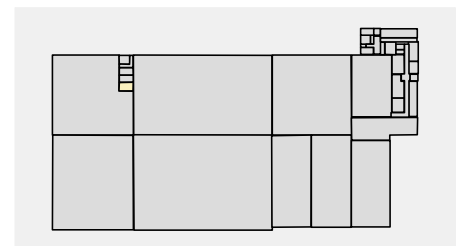
4,5,9 Туалет для чоловік і жінок 7 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 10080 lm
Общая мощность 84 W
Удельная мощность на поверхность 4.01 W/m²
E_m 121 lx
E_{min} 22 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.18
UGR <=21.0



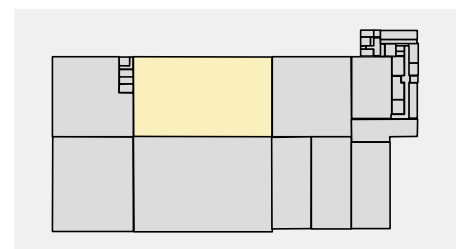
6,7 Приміщення контролю якості 4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 12500 lm
Общая мощность 100 W
Удельная мощность на поверхность 4.95 W/m²
E_m 310 lx
E_{min} 68 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.22
UGR <=23.7



8 Підлогомиї машин 2 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 6250 lm
Общая мощность 50 W
Удельная мощность на поверхность 2.04 W/m²
E_m 147 lx
E_{min} 53 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.36
UGR <=23.5



11 Експедиція складу УНТ- про,64 x Светильники лплектації
Общий световой поток всех ламп 665600 lm
Общая мощность 5120 W
Удельная мощность на поверхность 2.27 W/m²n²)
E_m 208 lx
E_{min} 150 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.72
UGR <=21.2



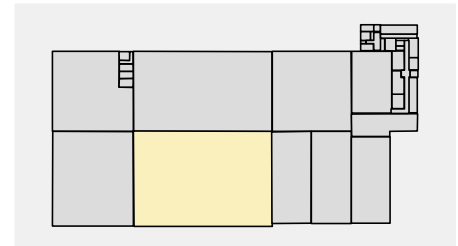


Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

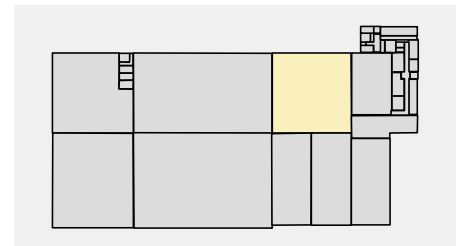
12 Стелажный склад УНТ- прод

Светильники	152 x
Общий световой поток всех ламп	1520000 lm
Общая мощность	12160 W
Удельная мощность на поверхность	4.53 W/m ² n ²)
Em	198 lx
Emin	0.5 lx
Emin/Em (Uo)	0.00
UGR	---



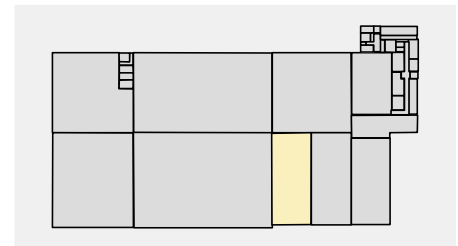
13 Экспедиция холодного склада

Светильники	60 x
Общий световой поток всех ламп	609600 lm
Общая мощность	4800 W
Удельная мощность на поверхность	3.71 W/m ² n ²)
Em	251 lx
Emin	136 lx
Emin/Em (Uo)	0.54
UGR	---



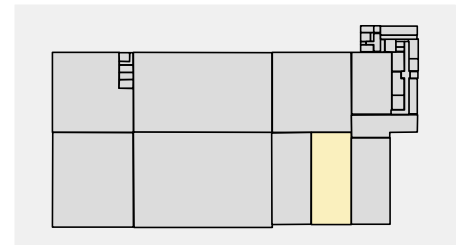
14 Холодный склад молочной п

Светильники	44 x
Общий световой поток всех ламп	440000 lm
Общая мощность	3520 W
Удельная мощность на поверхность	4.77 W/m ² n ²)
Em	217 lx
Emin	83 lx
Emin/Em (Uo)	0.38
UGR	<=21.6



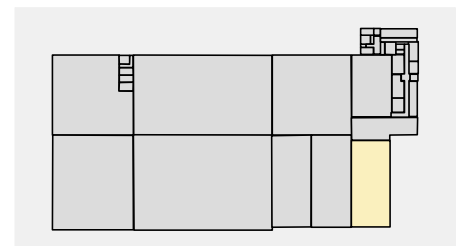
15 Холодный склад молочной п

Светильники	30 x
Общий световой поток всех ламп	312000 lm
Общая мощность	2400 W
Удельная мощность на поверхность	3.19 W/m ² n ²)
Em	224 lx
Emin	110 lx
Emin/Em (Uo)	0.49
UGR	<=21.3



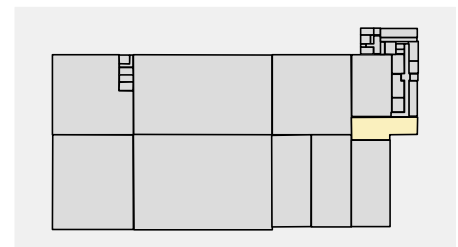
16,17,18,19 Морозильные камеры

Светильники	48 x
Общий световой поток всех ламп	460800 lm
Общая мощность	3840 W
Удельная мощность на поверхность	5.63 W/m ² n ²)
Em	167 lx
Emin	90 lx
Emin/Em (Uo)	0.54
UGR	---



20 Технологичный коридор

Светильники	8 x
Общий световой поток всех ламп	76800 lm
Общая мощность	640 W
Удельная мощность на поверхность	2.32 W/m ² n ²)
Em	84 lx
Emin	30 lx
Emin/Em (Uo)	0.36
UGR	---



Объект : Люстдорф
Установка :
Номер проекта : 197-20
Дата : 12.08.2020

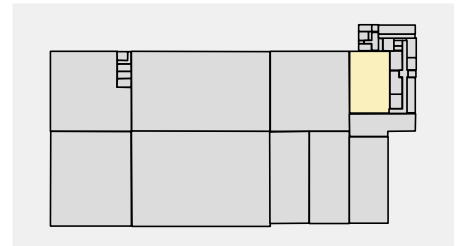


Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

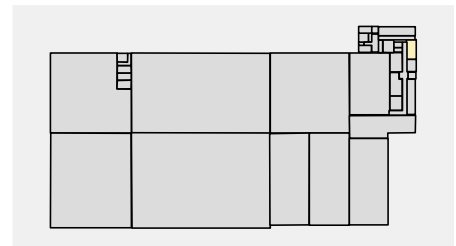
21 приміщення інтенсивного охолодження

Общий световой поток всех ламп 192000 lm
Общая мощность 1600 W
Удельная мощность на поверхность (3.17 W/m²)
Em 168 lx
Emin 96 lx
Emin/Em (Uo) 0.57
UGR ---



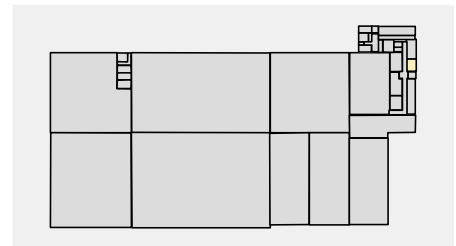
22 Кімната прийому їжі

4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхность (3.56 W/m²)
Em 243 lx
Emin 112 lx
Emin/Em (Uo) 0.46
UGR <=20.3



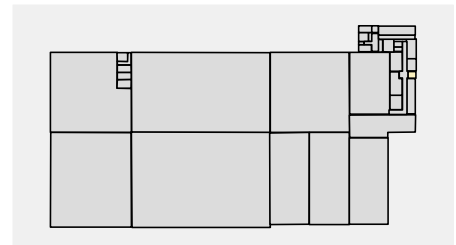
23,24 Водомірний вузол ,електричний

6 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 20625 lm
Общая мощность 165 W
Удельная мощность на поверхность (6.67 W/m²)
Em 310 lx
Emin 97 lx
Emin/Em (Uo) 0.31
UGR ---



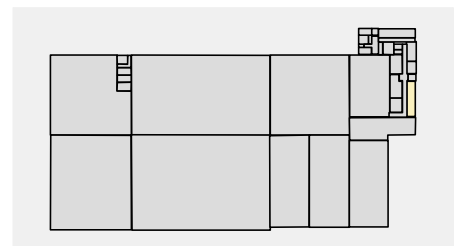
25 Тепловий тамбур

3 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 4320 lm
Общая мощность 36 W
Удельная мощность на поверхность (3.35 W/m²)
Em 85 lx
Emin 19 lx
Emin/Em (Uo) 0.22
UGR <=21.0



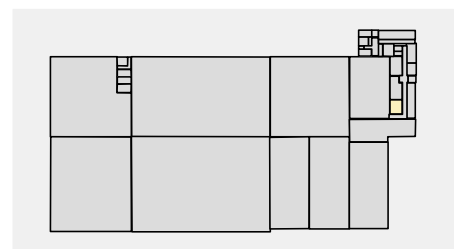
26 Паливна

6 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 30904 lm
Общая мощность 245 W
Удельная мощность на поверхность (3.89 W/m²)
Em 186 lx
Emin 61 lx
Emin/Em (Uo) 0.33
UGR ---



27 Гардероб для чоловіків

4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхность (4.03 W/m²)
Em 227 lx
Emin 136 lx
Emin/Em (Uo) 0.60
UGR <=21.5



Объект : Люстдорф
Установка :
Номер проекта : 197-20
Дата : 12.08.2020

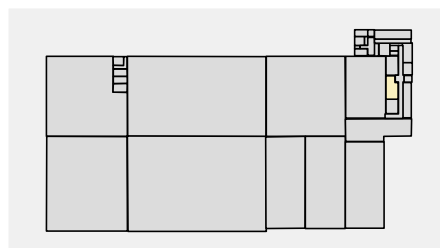


Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

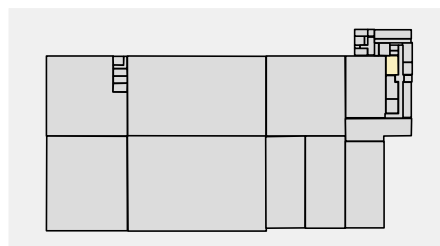
28-32 Комора прибирального ін11 x Светильники , вбиральня

Общий световой поток всех ламп 15840 lm
Общая мощность 132 W
Удельная мощность на поверхню 2.48 W/m²
Em 99 lx
Emin 40 lx
Emin/Em (Uo) 0.40
UGR <=23.8



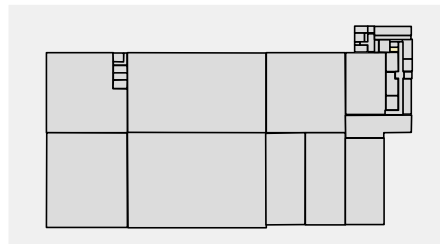
34 Гардеробна для жінок 4 x Светильники

Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхню 2.98 W/m²
Em 199 lx
Emin 98 lx
Emin/Em (Uo) 0.49
UGR <=22.1



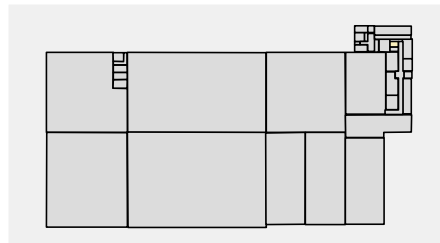
35 Душова 2 x Светильники

Общий световой поток всех ламп 2880 lm
Общая мощность 24 W
Удельная мощность на поверхню 3.00 W/m²
Em 74 lx
Emin 52 lx
Emin/Em (Uo) 0.70
UGR <=20.1



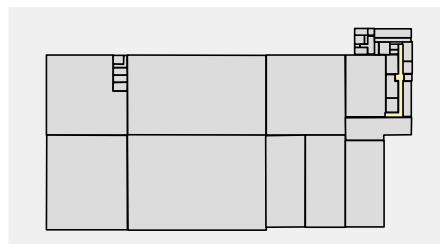
36 Архів 1 x Светильники

Общий световой поток всех ламп 4320 lm
Общая мощность 36 W
Удельная мощность на поверхню 3.60 W/m²
Em 159 lx
Emin 85 lx
Emin/Em (Uo) 0.53
UGR <=19.6



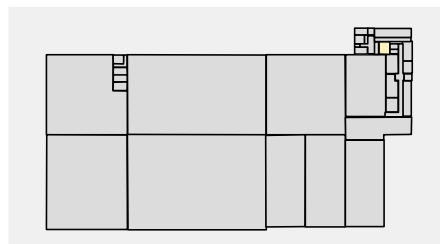
33 Коридор 14 x Светильники

Общий световой поток всех ламп 30800 lm
Общая мощность 280 W
Удельная мощность на поверхню 3.33 W/m²
Em 153 lx
Emin 59 lx
Emin/Em (Uo) 0.39
UGR ---



37 Кімната прийому їжи ІТР 4 x Светильники

Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхню 5.25 W/m²
Em 268 lx
Emin 172 lx
Emin/Em (Uo) 0.64
UGR <=21.0



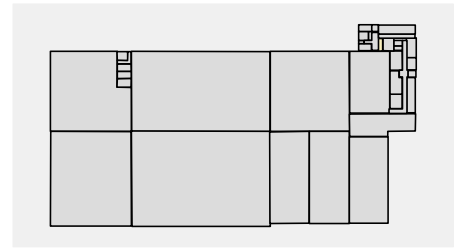
Объект : Люстдорф
Установка :
Номер проекта : 197-20
Дата : 12.08.2020



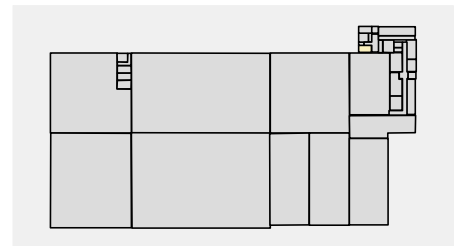
Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

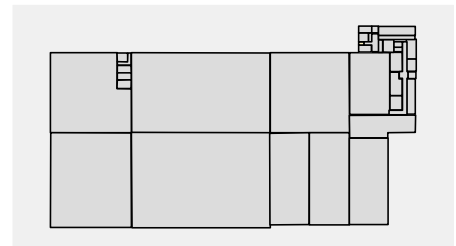
38,39 Вбиральні 5 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 7200 lm
Общая мощность 60 W
Удельная мощность на поверхню 5.45 W/m²
E_m 163 lx
E_{min} 28 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.17
UGR <=22.0



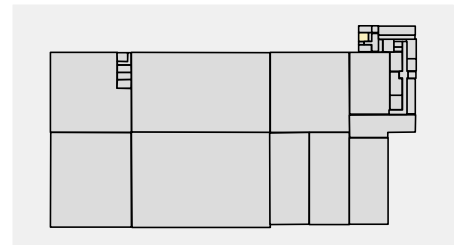
40 Кабінет зав.складом 4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхню 7.67 W/m²
E_m 337 lx
E_{min} 231 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.69
UGR <=20.8



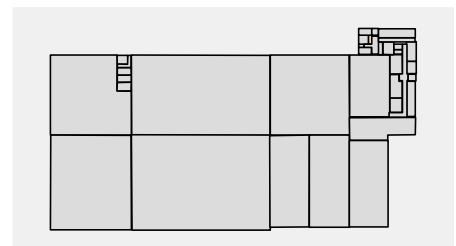
42 кабінет виписки супровід до 1 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 1440 lm
Общая мощность 12 W
Удельная мощность на поверхню 3.20 W/m²
E_m 86 lx
E_{min} 59 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.69
UGR <=19.8



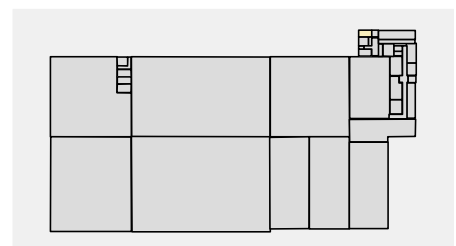
41 Комора 4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 17280 lm
Общая мощность 144 W
Удельная мощность на поверхню 8.00 W/m²
E_m 353 lx
E_{min} 233 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.66
UGR <=20.0



43 Туалет водіїв 2 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 2880 lm
Общая мощность 24 W
Удельная мощность на поверхню 4.00 W/m²
E_m 88 lx
E_{min} 58 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.66
UGR <=20.1



44 Зона очікування водіїв 3 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 12960 lm
Общая мощность 108 W
Удельная мощность на поверхню 6.00 W/m²
E_m 269 lx
E_{min} 159 lx
E_{min}/E_m (U_o) 0.59
UGR <=20.8



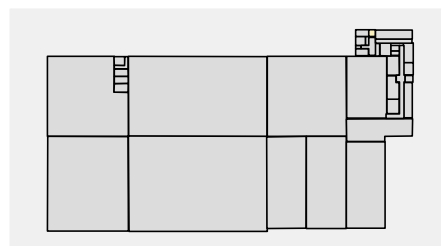
Объект : Люстдорф
Установка :
Номер проекта : 197-20
Дата : 12.08.2020



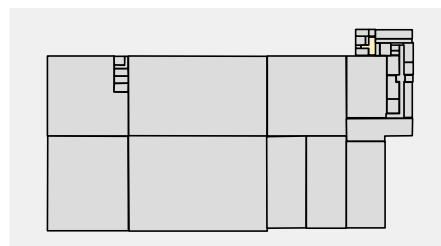
Суммирование, Этаж 1

.3 Этаж обзор

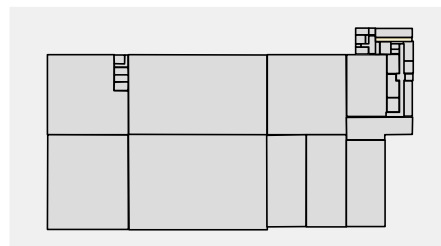
45 Тепловый тамбур 3 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 4320 lm
Общая мощность 36 W
Удельная мощность на поверхность 4.00 W/m²
Em 154 lx
Emin 100 lx
Emin/Em (Uo) 0.64
UGR <=20.3



46 Хол 4 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 8800 lm
Общая мощность 80 W
Удельная мощность на поверхность 2.74 W/m²
Em 133 lx
Emin 67 lx
Emin/Em (Uo) 0.50
UGR ---



52 Хол 6 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 13200 lm
Общая мощность 120 W
Удельная мощность на поверхность 4.06 W/m²
Em 164 lx
Emin 84 lx
Emin/Em (Uo) 0.51
UGR <=21.4



47-51 Кабинеты 13 x Светильники
Общий световой поток всех ламп 56160 lm
Общая мощность 468 W
Удельная мощность на поверхность 6.92 W/m²
Em 314 lx
Emin 55 lx
Emin/Em (Uo) 0.18
UGR <=22.0

