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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка проекту освітлення, опалення та кондинціонування ПС 150/35/6 кВ

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕмз-61
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
(підпис) Михалець Є.В. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Осадца Я.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль (підпис) Вакуленко О.О. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри (підпис) Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Рецензент (підпис) Габрусєв Г.В. (прізвище та ініціали)

Тернопіль

2020

РЕФЕРАТ

Михалець Є.В. Розробка проекту освітлення, опалення та кондинціонування ПС 150/35/6 кВ. 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.

В роботі розроблено проект систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень будівель ЗПК та ЗРП 0,6 кВ трансформаторної підстанції 150/35/6 кВ.

Робота складається із розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 79 аркушів формату А4. Обсяг графічної частини – 6 аркушів формату А1.

Ключові слова: освітленість, опалення, кондиціонування, температура, тепловтрати.

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 7

1.1. Загальні відомості щодо об'єкту проектування 7

1.2. Проектні вимоги щодо освітлення опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції 8

1.3. Характеристики приміщень будівель ЗРП 0,6 кВ та ЗПК підстанції 12

1.4. Кліматичні особливості території розміщення підстанції 13

1.5.Аналіз та класифікація приладів для опалення та кондиціонування приміщень 16

1.6. Висновки до розділу 19

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 20

2.1. Вихідні дані для проектування системи освітлення приміщень будівель підстанції 20

2.1.1. Вибір систем освітлення та нормованої освітленості приміщень будівель підстанції 20

2.1.2. Вибір джерел світла та світлових приладів 22

2.2. Вихідні дані для розрахунку систем опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції 28

2.2.1. Вибір приладів для системи опалення та кондиціонування приміщень 28

2.2.2. Теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджувальних конструкції опалювальних та кондиціонованих приміщень 29

2.2.3. Вибір приладів для системи опалення та кондиціонування приміщень 31

2.3. Вибір електрообладнання системи живлення систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції 34

2.3.1. Вибір провідників та кабелів 34
2.3.2. Вибір комутуючих пристроїв та апаратів захисту 36
2.4.Висновки до розділу 40
3. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ 41
3.1. Світлотехнічний розрахунок та моделювання освітлення приміщень будівлі підстанції 41
3.2. Розрахунок теплового навантаження опалення приміщень підстанції та вибір кількості та потужності опалювальних приладів 46
3.3. Розрахунок та вибір приладів для кондиціонування приміщень 56
3.4. Електротехнічний розрахунок мережі живлення систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції 60
3.5. Висновки до розділу 63
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 65
4.1. Аналіз факторів небезпеки, які можуть виникати при експлуатації підстанції 65
4.2. Заходи з охорони праці та техніки безпеки, спрямовані на мінімізацію наслідків дії несприятливих факторів 67
4.3. Причини можливих аварій та організаційно-технічні заходи, які направлені на забезпечення безпечної експлуатації об’єкта 69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ 72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 75

ВСТУП

Необхідність створення та реалізації проектів будівництва нових чи реконструкції діючих об’єктів електроенергетики, спрямованих на підвищення надійності і ефективності енергетичного сектору держави завдяки, зумовлена процесами фізичного та морального старіння обладнання. Одними із таких об’єктів є трансформаторні підстанції, основними призначеннями яких є розподіл та трансформування електричної енергії в мережах змінного струму.

Поряд з основним обладнанням трансформаторних підстанцій (трансформатори, вимірювальні трансформатори, розподільчі установки, апарати захисту і керування) є ряд систем, котрі забезпечують сприятливі умови як для діяльності персоналу, так і для роботи основного обладнання.

За допомогою таких систем інженерного устаткування, як освітлення, опалення, вентиляції і кондиціонування створюється необхідний мікроклімат у приміщенні. Кожна із цих систем створює необхідні рівні відповідних параметрів мікроклімату. Для великої кількості споруд виробничого та громадського призначення системами освітлення, опалення та вентиляції забезпечуються необхідні санітарно-гігієнічні умови, які мають позитивний вплив на рівень продуктивності праці та самопочуття працівників. Тому **актуальним** є напрям, пов'язаний із проектуванням освітлювальних, опалювальних та систем кондиціонування в приміщеннях будівель трансформаторних підстанцій.

Метою даної роботи є проектування та розрахунок систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень будівель ЗРП 0,6 кВ та ЗПК на прикладі ПС 150/35/ 6 кВ «Ліски», котра знаходиться в м. Миколаїв.

Для досягнення мети в роботі були поставлені і вирішені наступні **завдання**:

- моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень будівель підстанції;
- розрахунок втрат тепла через огороджувальні конструкції опалюваних

приміщень та визначення теплової та електричної потужності систем опалення приміщень будівель підстанції;

- визначення теплопродуктивності та потужності приладів для кондиціонування з метою створення необхідних апарметрів мікроклімату приміщень;

- електротехнічний розрахунок мереж живлення приладів систем освітлення, опалення та кондиціонування, а також вибір необхідних перерізів проводів та кабелів і апаратів захисту.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення електричної енергії в теплову та випромінювання видимого діапазону

Предмет дослідження: прилади та системи освітлення, опалення та конціонування.

Наукова новизна: проведено моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень будівель підстанції, що дозволило визначити кількість світлових приладів для забезпечення нормованих показників освітленості та рівномірності освітлення.

Практична цінність: розроблено та запропоновано системи освітлення опалення та кондиціонування, які здатні забезпечити необхідні умови мікроклімату приміщень будівель підстанції.

Апробація результатів роботи. Результати за темою роботи були представлені на IX Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (25 – 26 листопада 2020 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя [36].

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальні відомості щодо об'єкту проектування

Об'єктом проектування в роботі є трансформаторна підстанція “Підстанція 110/35/6 кВ “Ліски”, котра є філією міста Миколаєва Центрального округу АТ “Миколаївобленрго” [1,2]. Інформацію щодо завантаження трансформаторної підстанції наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо завантаження ПС 110/35/6 кВ “Ліски”

Номінальна потужність підстанції, МВА, кВА	72000
Максимально допустима потужність підстанції, кВт	41216
Електричне навантаження в режимний день, кВт	27600
Резерв дозволеної потужності споживачів, кВт	13616
Кількість споживачів , в т.ч. побутових, без врахування субспоживачів.	18864
Дозволена потужність існуючих споживачів з врахування м субспожива чів, кВт	104241,3
Резерв потужності з урахуванням укладених договорів про приєднання, кВт	307917,7
Коефіцієнт використання потужності	0,1

ПС 150/35/6 кВ «Ліски» являється комплексом інженерних споруд для транспортування електричної енергії від розподільчих мереж 150 кВ ПАТ «Миколаївобленерго» до споживачів міста Миколаїв і прилеглих районів.

Відкритий розподільний пристрій (ВРП) потужністю 150 кВ, що розсташований на підстанціїї, працює за нетиповою схемою. Кількість силових трансформаторі, встановлених на підстанції дорівнює трьом. Причому потужність кожного із трансформаторів Т1, Т2, напругою 158/6,6 кВ, становить 16 МВА, а трансформатора Т3, напругою 158/38,5/6,6кВ,– 40 МВА.

Для живлення систем власних потреб на підстанції використовуються два трансформатори власних потреб: ТВП 6/0,4 кВ потужністю по 100 кВА та ТВП 35/0,4 кВ потужністю 100 кВА63 кВА.

Живлення підстанції здійснюється повітряними лініями:

– ПЛ 150 кВ "Трихати-ЧСЗ";

– ПЛ 150 кВ "Миколаївська-ЧСЗ".

Також підстанція має можливість основного живлення трансформатора Т3 від ПЛ 150кВ «Миколаївська-ЧСЗ» та резервного живлення від ВЛ 150кВ «Трихати-ЧСЗ».

Згідно із Додатком 1 [2] Робочим проектом передбачається реконтсрукція опалення та освітлення приміщень закритого розподільчого пристрою ЗРП, а також реконструкцію систем освітлення приміщень будівель ЗРП та загальнопідстанційного пульта керування (ЗПК), систем опалення приміщень ЗРП, а також систем опалення та кондиціювання приміщень панелей та кабінету чергового будівлі ЗРП.

1.2. Проектні вимоги щодо освітлення опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції

Внутрішнє освітлення на ПС «Ліски» 150/35/6 кВ згідно вимог [2] повинне виконуватись для будівель ЗПК та ЗРП 6 кВ. Для робочого освітлення вимагається застосування світильників типу ЛСП3907А з двома лампами потужністю 18 Вт кожна або їх аналогами (рис. 1.2.). Технічні характеристики світильника наведено в табл. 1.2 [3].

Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд світильника ЛСП3907А

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики світильника ЛСП3907А

Цоколь лампи	G13
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Температура експлуатації	-25...+40 °С
Тип ПРА	Електронний
Група механічного виконання	М3
Коефіцієнт потужності, не менше	0,95
Габаритні розміри, мм	658×84×78
Тип кривої сили світла (КСС)	Д

Для систем аварійного освітлення Робочим проектом пропонується використання світильників з акумуляторною батареєю марки ЛБА3924А потужністю 20 Вт (рис. 1.2). Технічні характеристики світильника наведено в табл. 1.2 [4].

Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд світильника ЛБА3924А

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики світильника ЛБА3924А

Цоколь лампи	G13
Ступінь пиловологозахисту	IP20
Температура експлуатації	0...+25 °С
Клас захисту	II

Для вуличного освітлення, основним призначення якого є підсвічування входів в будинок пропонується використання світильників ННБ-64В-080 потужністю 60 Вт.

Для організації освітлення та опалення в будівлі ЗПК в кабінеті чергового

встановлюється щит розподільний на 18 модулів типу VE118DN виробництва Hager, а для організації освітлення в приміщенні ЗРП 6 кВ біля входу зі сторони в'їзду до ПС встановлюється щит розподільний на 12 модулів типу VE112DN. Живлення цих щитів виконується від щитів власних потреб ВП1 та ВП3 двомакабелями типу ВВГнг 5×6 мм2, що дає можливість перемикання з однієї секції на іншу перемикачем, встановленим перед захисним пристроєм в щиті, при зникненні живлення однієї із секцій.

Освітлення приміщень ЗПК виконується для приміщення чергового, приміщення панелей, тамбура та санвузла. Живлення освітлювальної установки приміщення панелей здійснюється трьома групами. Світильники повинні підвішуватись на сталевий трос на відстані 1м від стелі. В нормальних режимах живлення світильників аварійного освітлення здійснюється від трансформаторів власних потреб, а при припиненні електропостачання живлення світильників здійснюється від акумуляторної батареї, яка встановлена в корпусі світильника. У звязку із відсутністю третього джерела живлення аварійне освітлення вмикається безпосередньо перед апаратом захисту в розподільчому щиті.

Управління зовнішнім освітленням виконується вимикачем, розміщеним в коридорі при вході в ЗПК. Для ремонтного освітлення приміщення панелей ЗПК передбачається використання ящика трансформатора понижувального типу ЯТП-0,25 та установка розеток 36 В.

В приміщенні панелей будівлі ЗПК встановлюються 3 комплекти розеток по 2 шт. на напругу 220ВА в приміщенні чергового - 2 комплекти по 3 шт.

Освітлення ЗРП 6 кВ виконується окремими групами для обох приміщень. Аналогічно, як і для приміщень панелей ЗПК, монтаж світлових приладів здійснюється на сталеві троси на відстані 1м від стелі посеред приміщення, та по 1 світильнику на стіні по боках приміщення для освітлення кабельних каналів, та часткового освітлення проходу. Вимогами встановлено, що освітленість центральної частии приміщень ЗРП від групи світильників,

розміщених на тросі має становити 150 лк. Розетки напругою 220В в приміщенні ЗРП 6 кВ не передбачаються.

Робочим проектом [2] для опалення приміщень чергового та панелей ЗПК пропонується викристання електричних конвекторів потужностями 1 та 1,5 кВт типу BETA E, виробництва Ensto (рис. 1.3) [5]. Конвектори встановлюються таким чино, що відстань від підлоги до нижнього краю приладу становить 0,2 м. В приміщенні ЗРП 6 кВ встановлюються кількість конвекторів потужністю 1,5 кВт з ручним управлінням та автоматичним через термостат становить 4. Крім того в приміщеннях чергового та панелей будівлі ЗПК передбачається встановлення кондиціонерів потужністю 1 кВ.

Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд конвектора типу BETA E, виробництва Ensto

Отже, на основі аналізу систем освітлення та опалення, які пропонуються Робочим проектом можна зробити висновки про наступне.

В якості джерел світла пропонується використання ламп розжарення та люмінесцентних ламп. Недоліками таких джерел світла є:

- відносно низька світлова віддача (до 14 лм/Вт для ламп розжарення та до 50 лм/Вт – для люмінесцентних ламп);
- невеликий термін служби (1000 год для лампи розжарення та 1000 год для люмінесцентної лампи);
- можливість пульсації світлового потоку в світильниках із люмінесцентними лампами;

- наявність ртутної складової в люмінесцентних лампах вимагає додаткових затрат коштів на утилізацію відпрацьованих джерел світла [5].

Тому в наступних розділах роботи пропонується для освітлення приміщень будівель підстанції використати джерела світла із кращими характеристиками.

В Робочому проекті вказано прилади для опалення та кондиціонування будівель підстанції, проте не вказано методик, згідно яких проведено розрахунок тепловтрат та тепло надходжень через зовнішні огороджувальні конструкції та вибрано прилади. Звідси виникає задача теплотехнічного розрахунку та проектування систем опалення та кондиціонування, котрі б забезпечували необхідні параметри мікроклімату приміщень.

1.3. Характеристики приміщень будівель ЗРП 0,6 кВ та ЗПК підстанції

Сучасна методологія проектування систем опалення заснована на розрахунках теплових балансів приміщень будинку для характерних періодів року [18]. Вихідними даними для проектування систем опалення є:

- площа опалювальних приміщень будівель;
- положення будівель відносно сторін горизонту;
- об'ємно-планувальні рішення приміщень;
- товщина зовнішніх огороджувальних конструкцій та матеріали з яких вони зроблені;
- площі вікон та дверей.

Будівлі ЗПК та ЗРП 0,6 кВ являють собою споруди з корисною висотою приміщень 4 м (рис. 1.4).

Характеристики приміщень будівлі підстанції наведено в табл. 1.3. Плани приміщень будівель ЗРП 0,6 кВ та ЗПК подано в графічній частині роботи.

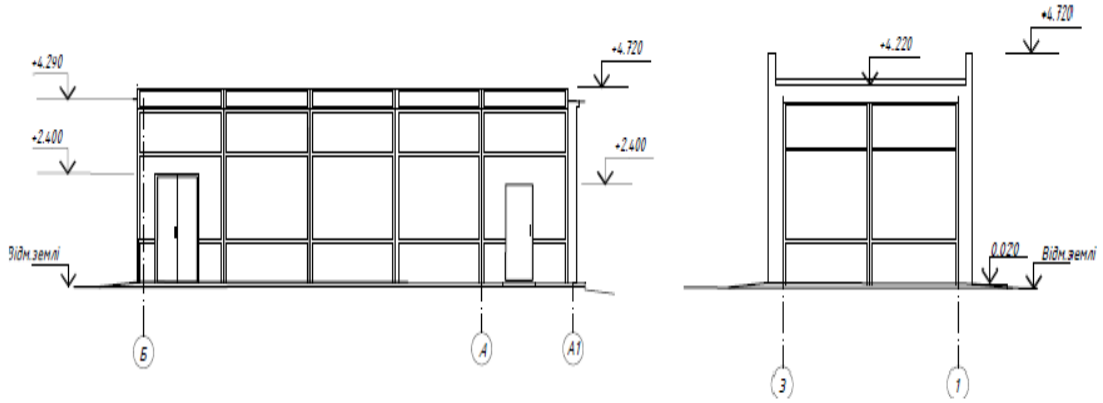

Рисунок 1.4 – Розміри будівлі ЗПК

Загальна площа вертикальних зовнішніх огороджувальних конструкцій опалювальних приміщень становить 398,90 м^2, з них конструкції площею 17,63 м^2 розділяють опалювальні приміщення, а огороджувальні конструкції площею 17,43 м^2 розмежовують простір між опалювальними та неопалювальними приміщеннями. Загальна площа світлопрозорих огороджувальних конструкцій становить 4,32 м^2, а дверних пройомів – 10,01 м^2. Сумарна площа верхніх та нижніх перекриттів становить 202,33 м^2.

Таблиця 1.3 – Характеристики приміщень будівлі підстанції

№	Призначення приміщення	Площа приміщення, м^2
ЗРП 0,6 кВ		2×60,04
ЗПК		
1	Приміщення панелей	71,16
2	Кабінет чергового	11,09
3	Коридор	6,12
4	Санвузол	2,33

Інформацію щодо огороджувальних конструкцій опалювальних приміщень, їх площу, а також орієнтацію відносно сторін горизонту приведено в табл. 1.4.

1.4 Кліматичні особливості території розміщення підстанції

Згідно з архітектурно-будівельним кліматичним районуванням території

України [22] територія, на якій знаходиться Підстанція 110/35/6 кВ “Ліски” відноситься до II зони (рис. 1.5).

Таблиця 1.4 – Інформація щодо городжувальних конструкцій опалюваних приміщень підстанції

Позначення	Орієнтація	Довжина, м	Ширина (висота), м	Площа, м^2
ЗРП 0,6 кВ				
ЗС	Пн	8,9	4,22	37,54
ЗС	Пд	8,9	4,22	37,54
ЗС	Зх	6,75	4,22	25,35
Д	Зх	1,48	2,12	3,14
ГП	-	8,9	6,75	60,04
ПЛ	-	8,9	6,75	60,04
ЗПК, приміщення панелей				
ЗС	Пн	6	4,22	25,32
ЗС	Сх	11,9	4,22	47,89
В	Сх	1,8	1,2	2,16
ЗС	Зх	6,75	4,22	25,35
Д	Зх	1,48	2,12	3,14
ВС	Пд	1,86	4,22	5,941
Д	Пд	0,9	2,12	1,908
ВС	Пд	4,13	4,22	17,43
ГП	-	6	11,9	71,16
ПЛ	-	6	11,9	71,16
ЗПК, кабінет чергового				
ЗС	Сх	3,29	4,22	11,72
В	Сх	1,8	1,2	2,16
ЗС	Пд	2,79	4,22	11,77
ВС	Зх	4,63	4,22	17,63
Д	Зх	0,9	2,12	1,91
ВС	Пд	4,13	4,22	17,4286
ГП	-	4,13	3,29	11,09
ПЛ	-	4,13	3,29	11,09

Середня температура повітря за січень для цієї зони становить: від -2 до -6 ºС, за липень – від 21 до 23 ºС. Абсолютний мінімум температури коливається в межах від -32 до -42 ºС, абсолютний максимум -39 до -41 ºС.

Кількість опадів у рік коливається від 400 до 500 мм, відносна вологість у липні – до 65 %, середня швидкість вітру у січні – від 4 до 6 м/с.

Середня місячна температура зовнішнього повітря у м. Миколаїв коливається в межах від – 2,6 до +22,7 ºС, а середня температура за рік становить 10,1 ºС. Середня добова амплітуда температури змінюється в межах від 6,0 ºС (в січні) до 11,5 ºС (в серпні).

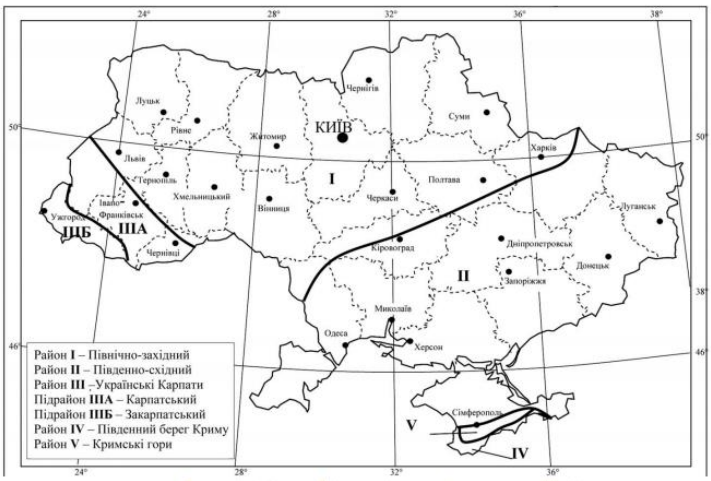

Рисунок 1.5 – Архітектурно-будівельно кліматичне районування території України

Тривалість опалювального періоду, тобто кількість діб, протягом яких середня добова температура повітря є нижчою, ніж 8 ºС становить 161 доба і зазвичай опалювальний період триває з 18 жовтня по 14 квітня. Характеристики вітру наведено в табл. 1.5

Таблиця 1.5 – Характеристики вітру в січні та липні

Місяць	Повторюваність напряму вітру, % / Середня швидкість вітру, м/с								Повторюваність штилю, %
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Січень	19,6 / 3,8	12,9 / 3,9	12,2 / 3,8	7,2 / 3,5	14,3 / 3,7	8,0 / 3,5	13,0 / 3,7	12,8 / 3,5	7,0
Липень	26,4 / 3,4	12,8 / 3,3	7,1 / 3,2	3,9 / 3,1	11,5 / 3,8	8,9 / 3,5	10,9 / 3,4	18,5 / 3,2	9,1

Інформацію щодо середньомісячних сум сонячної радіації, котра

надходить на горизонтальні та вертикальні поверхні у м. Миколаїв представлено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Середньомісячні суми радіації, що надходить у м. Миколаїв

Місто, град. пн.ш.	Місяць	Сонячна радіація $\frac{\text{пряма}}{\text{розсіяна}}$, МДж/м^2								
		поверхня								
		вертикальна								горизон-тальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Миколаїв, 46° 58′	V	32/101	155/114	285/126	314/123	241/123	298/125	250/129	143/115	634/208
	VI	59/107	177/118	283/127	260/122	189/119	263/122	242/131	163/119	650/210
	VII	50/114	156/124	280/136	274/129	209/127	262/130	262/138	156/124	623/222
	VIII	13/89	119/100	281/114	308/122	284/116	308/122	227/120	113/101	540/192
	IX	0/56	66/68	234/77	328/92	363/100	328/92	193/82	63/68	410/138
	X	0/40	27/43	168/57	360/76	457/84	351/77	158/58	24/43	295/104
	XI	0/24	6/30	102/37	306/47	445/53	324/46	102/37	6/30	178/66
	XII	0/21	1/23	72/31	266/44	402/50	278/43	84/30	1/23	120/54

1.5. Аналіз та класифікація приладів для опалення та кондиціонування приміщень

Електричні опалювальні прилади класифікують за [7]:

1) принципом перетворення електричної енергії в теплову – прилади, принцип роботи яких базується на законі Джоуля-Ленца та прилади, робота яких базується на ефектах Кельвіна та Пельтьє;

2) за способом тепловіддачі – прилади з вільною конвекцією (електроконвектори), прилади з вимушеною конвекцією (електровентилятори), випромінювальні прилади (електрокаміни та інфрачервоні обігрівачі);

3) за місцем експлуатації – місцеві та централізовані;

4) за способом установки – підлогові, настінні, настільні і стельові

Загалом усі електричні опалювальні прилади принципу роботи

поділяються на наступні види:

- теплові насоси;
- тепловентилятори;
- інфрачервоні обігрівачі;
- масляні радіатори;
- електроконвектори.

Теплові насоси є найекономнішим видом опалення, котре споживає електричну енергію за рахунок того, що електрична енергія, яка споживається тепловим насосом застосовується лише для діяльності циркуляційного насоса і компресора. Хоча вони безпосередньо не використовують електрику для отримання тепла. Саме тому експлуатаційні витрати на систем опалення на основі використання теплових насосів є в 4 рази нижчими, ніж для будь-яких інших систем [8]. Потужність теплових насосів становить від 6 до 30 кВт. Основним недоілком теплових насосів є висока вартість їх встановлення, а термін окупності становить 6 – 10 років.

Головна перевага електричних вентиляторів тепла (рис. 1.6) полягає у здатності максимально швидкого обігріву приміщення до потрібної температури за допомогою вентиляції теплого повітря. При цьому розміри і потужність такиг нагрівальних елементів можуть бути зовсім незначними.

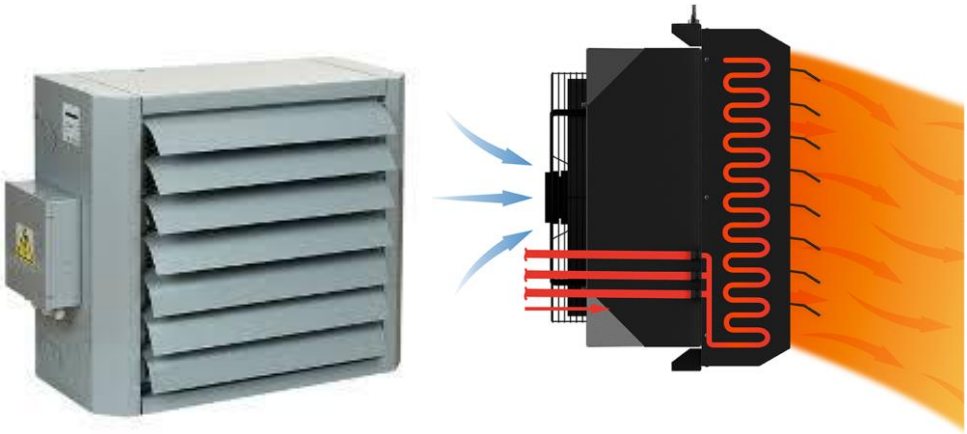

Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд електричного тепло вентилятора та схема, що демонструє його принцип роботи

Недоліками тепловентиляторів перш за все є: високий рівень шуму,

погіршення якості повітря, зумовлений згорянням пилу та бруду, котрі потрапляють на розплавлену спіраль.

Масляні обігрівачі знайшли своє застосувуання як в побуті застосовуються як в побуті, так і для обігріву виробничих і складських притміщень. Перевагами ї є економічність і достатньо високий коефіцієнт тепловіддачі. Недоліками масляних радіаторів є суттєве зниження вологості повітря, внаслідок їх використання та їх інерційність внаслідок досить великого часу нагрівання масла [9].

Перевагами інфрачервоних обігрівачів є: можливість швидкого нагрівання приміщення; відсутність шуму при роботі, тривалий термін експлуатації. Недоліками таких приладів є: вища вартість (монтаж повноцінної системи займе досить велику кількість коштів), негативний вплив на самопочуття людини при тривалому опромінюванні.

Найбільш поширенішими електричними нагрівальними приладами є електричні конвектори. Попит на такі пристрої зумовлений їх можливістю нагрівати приміщення до поторібної температури за відносно короткий час. Крім того за рахунок високого ККД та можливості регулювання температури в приміщенні електричні конвектори можна застосовувати в якості як додаткових, так і основних приладів в системах опалення. Тому в проектуванні системи опалення приміщень будівель підстанції зупинимо свій вибір сааме на цих опалювальних приладах.

В системах місцевого кондиціонування приміщень побутових та напівпромислових об'єктів одними з найпоширеніших є кондиціонери типу спліт-системи. Конструктивно такі прилади складаються із двох блоків [10] – внутрішнього та зовнішнього (рис. 1.7), котрі зєднуються тонкими мідними трубками, покритими теплоізоляцією.

Переваги таких систем полягають у [11]:

- можливість плавного регулювання мікроклімату приміщень;

- мінімальний шум кондиціонованого, внаслідок того, що зовнішній блок монтується за його межами;

- можливість застосування кондиціонерів для охолодження та нагрівання повітря в приміщенні в теплий та холодний періоди року відповідно.

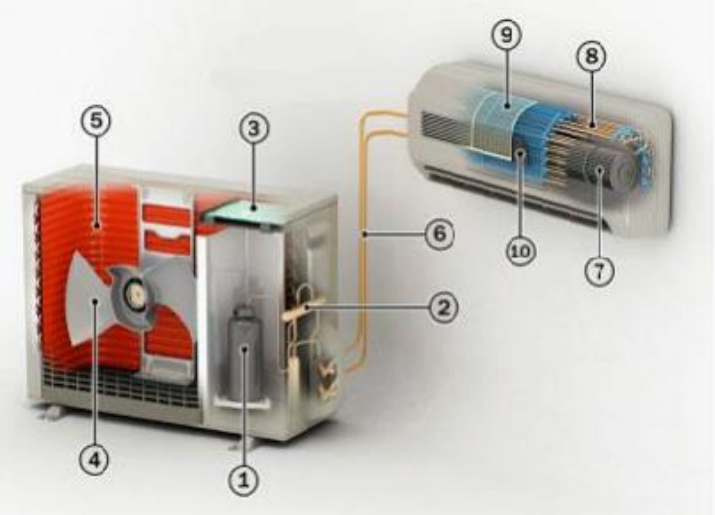

Рисунок 1.7 – Спліт-система кондиціонування повітря:
1-компресор, 2-порти приєднання фреонових магістралей, 3-корпус, 4-вентилятор, 5-теплообмінник конденсатора, 6-фреоновий контур, 7- вентилятор випарника, 8-випарник, 9-фільтр, 10-дефлектор

1.6. Висновки до розділу

1. На основі аналізу технічної документації робочого проекту «Реконструкція ПС 150/35/6 кВ «Ліски» встановлено основні вимоги щодо проектування систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції, що вказало на подальший напрямок роботи.
2. Наведено кліматичні особливості території розміщення підстанції та вибрано характеристики для розрахунку систем опалення та вентиляції приміщень будівель підстанції.
3. На основі аналізу технічних характеристик здійснено вибір приладів для використанняв системах опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції.

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вихідні дані для проектування системи освітлення приміщень будівель підстанції

2.1.1. Вибір систем освітлення та нормованої освітленості приміщень будівель підстанції

Освітлення в будівлях та спорудах за функціональним призначення поділяється на:

- робоче освітлення, призначене для забезпечення нормованих умов освітлення як всередині приміщеннях так і в місцях, де виконується зорова робота поза межами будівель;
- аварійне освітлення, котре застосовується для продовження ведення робіт, коли раптово може бути припиненою діяльність робочого освітлення.

Аварійне освітлення поділяється на евакуаційне, призначене для забезпечення можливості ефективного розпізнавання і використання шляхів евакуації та резервне, призначення якого полягає в забезпеченні можливості продовжувати звичайну діяльність без суттєвих змін.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок [12] та ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [13] в приміщеннях підстанції повинні застосовуватись системи освітлення, наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Системи освітлення приміщень підстанцій

№	Призначення приміщення	Системи освітлення
ЗРП		Робоче, евакуаційне
ЗПК		
1	Приміщення панелей	Робоче, евакуаційне
2	Кабінет чергового	Робоче
3	Коридор	Робоче, евакуаційне
4	Санвузол	Робоче

Системи штучного освітлення можна розділити на два види [14, 15]:

1. Системи загального освітлення, при яких світлові прилади розташовуються у верхній зоні приміщення, причому відстані між світловими приладами залишаються незмінними, в результаті чого має місце рівномірний розподіл світлового потоку по всій освітлювальній поверхні;

2. Системи місцевого освітлення, основними завданнями яких є забезпечення необхідної освітленості лише на конкретних робочих місцях, а без забезпечення необхідної освітленості на прилягаючих інших ділянках приміщень.

Оскільки в усіх приміщеннях будівель підстанції роботи виконуються по усіх площах приміщень, то найбільш доцільною для використання є система загального рівномірного освітлення.

Під нормованою освітленістю розуміють найменш допустиму освітленість освітлювальної поверхні перед черговим чищенням або заміною світлових приладів або джерел світла. Значення нормованої освітленості для кожного приміщення визначаються такими характеристиками, як характер зорової роботи, геометричні розміри об'єкта розрізнення, контраст об’єкта з фоном, призначення освітлювальної системи, типу джерел світла.

Таблиця 2.2 – Значення нормованої освітленості для приміщень будівель підстанції

№	Призначення приміщення	Робоча поверхня і площина, на якій нормується освітленість (Г – горизонтальна, В – вертикальна)	Нормована освітленість, лк	Показник нерівномірності
ЗРП				
1	Центральна частина	Г – 0,8 м від пілоги В – 1,5 м В – 1,5 м задня сторона щита	150 150 50	0,6 0,6 –
2	Кабельні канали	Г – підлога	20	–

Продовження таблиці 2.2

№	Призначення приміщення	Робоча поверхня і площина, на якій нормується освітленість (Г – горизонтальна, В – вертикальна)	Нормована освітленість, лк	Показник нерівномірності
ЗПК				
1	Приміщення панелей	Г – 0,8 м В – 1,5 м (шкали приладів)	150	0,6
2	Кабінет чергового	Г – 0,8 м	200	0,6
3	Коридор	Г – підлога	75	–
4	Санвузол	Г – підлога	75	–

У відповідності з [13] в приміщеннях будівель підстанції системи робочого освітлення повинні забезпечувати освітленість, значення якої наведено в табл. 2.2.

Згідно із вимогами [2] освітленість на горизонтальній робочій поверхні панелей ЗПК становить 240 лк. Тому це значення приймемо для подальших розрахунків, а освітленість у вертикальній площині залишимо без змін.

2.1.2. Вибір джерел світла та світлових приладів

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» в системах загального штучного освітлення доцільним є використанням світлових приладів на основі розрядних або напівпровідникових джерел світла, котрі за однакових значень потужностей володіють вищою світловою віддачею та мають триваліший термін експлуатації [13].

Порівняльні характеристики різних типів джерел світла наведено в таблиці 2.3, з якої видно, що напівпровідникові джерела світла в порівнянні з іншими володіють перевагами, які полягають у наступному:

- світлова віддача світлодіодів є на 30 %, ніж світлова віддача газорозрядних ламп;
- максимальний термін служби є в 4 – 100 раз вищим, ніж для теплових та розрядних джерел світла;
- індекс кольоропередачі становить 80 – 90, а в деяких випадках навіть і 0,95;
- числове значення коефіцієнта активної потужності наближається до одиниці.

Таблиця 2.3 – Порівняння різних типів джерел світла

Характеристики	Тип джерела світла				
	Лампи розжарювання	Лінійні люмінесцентні лампи	Енергозберігаючі люмінесцентні лампи	Газорозрядні лампи (ДНаТ, ДРЛ, МГЛ)	Світлодіоди
Світлова віддача, лм/Вт	8 – 22	93	65	186	250
Індекс кольоро-передачі, CRI	100	60 – 89	60 – 89	40 – 90	80 – 90
Термін служби, тис. год	1 – 3	6 – 15	6 – 10	10 – 25	25 – 100
Коефіцієнт активної потужності	1	0,35 – 0,95	0,95	0,50 – 0,95	0,98

Крім того світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла мають вищий світловий коефіцієнт корисної дії за рахунок мінімальних втрат світлового потоку на відбивання в середині світильника, можливість керування світловим потоком, можливість роботи при різних температурах навколишнього середовища, відсутність необхідності на додаткові витрати, пов’язаних із утилізацією відпрацьованих джерел світла [16]. Тому, виходячи з

вищенаведеного, при проектування освітлювальних установок приміщень будівель підстанції застосуємо світильники з напівпровідниковими джерелами світла.

Для систем робочого та аварійного освітлення приміщень будівель підстанції виберемо світильники виробництва ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА» на основі їх характеристик, наведених в каталожних даних [17].

Для освітлення робочої зони панелей ЗРП 6 кВ в використаємо світлодіодний світильник типу ДСП65В (рис. 2.3, 2.4), який призначений для загального освітлення приміщень виробничого, адміністративного, складського, сільськогосподарського та інших призначень.

Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд світильника ДСП65В

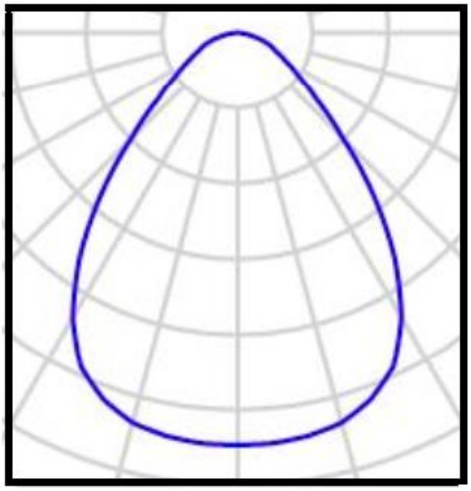

Рисунок 2.2 – Крива сили світла ДСП65В

Технічні характеристики світильника ДСП65В наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світильника ДСП65В

Потужність, Вт	25 – 100
Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Світлова віддача, лм/Вт	125
Кут формування світлового пучка	60º, 90º
Корельована колірна температура, К	4000
Маса, кг	1,0 – 3,9

Для освітлення зони кабельних вводів будівлі ЗРП, а також для освітлення коридору та санвузла будівлі ЗПК виберемо світильник типу ДПП05В (рис. 2.3, 2.4), застосування якого можливе в системах загального освітлення приміщень різного призначення.

Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд світильника ДПП05В

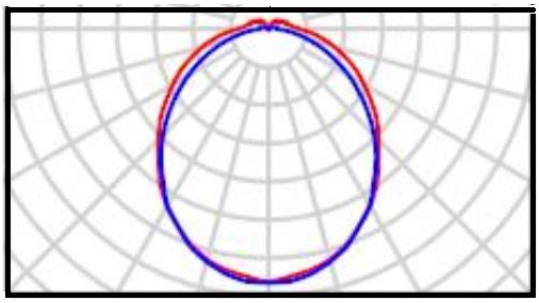

Рисунок 2.4 – Крива сили світла ДПП05В

Технічні характеристики світильника ДПП05В наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики світильника ДПП05В

Потужність, Вт	8, 15
Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Світлова віддача, лм/Вт	107,5 – 120
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	385×155×90
Маса, кг	2,45 – 2,70

Для освітлення приміщення панелей в будівлі ЗПК застосуємо світильник типу ДСП11 (модель А), котрі призначенні для загального освітлення виробничих, сільськогосподарських, складських, а також допоміжних приміщень.

Зовнішній вигляд та КСС світильників ДСП11 (модель А) зображено на рис. 2.5 та 2.6, а їх характеристики подано в табл. 2.6.

Особливістю цього світильника є можливість його живлення пониженою напругою, а також наявність універсального вузла кріплення, що дозволяє здійснювати монтаж світильника на горизонтальний чи вертикальний профіль, чи підвішувати його на гак або на трос.

Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд світильника ДСП11 (модель А)

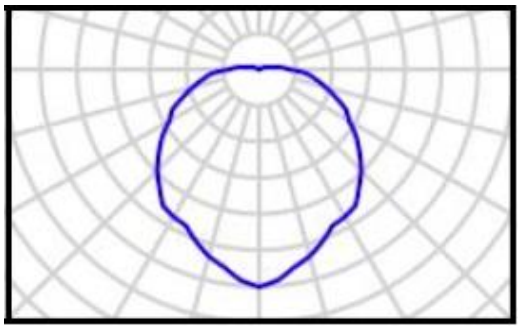

Рисунок 2.6 – Крива сили світла ДСП11 (модель А)

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики світильника ДСП 11 (модель А)

Потужність, Вт	9, 13
Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Світлова віддача, лм/Вт	116 – 120
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	148×136
Маса, кг	0,5

Для освітлення кабінету чергового використаємо світильник ДПП07В (рис. 2.7, 2.8), який призначений для освітлення адміністративних, виробничих та комерційних приміщень. Технічні характеристики цього світлового приладу наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики світильника ДПП07В

Потужність, Вт	20 – 50
Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Світлова віддача, лм/Вт	121 – 122,5
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Маса, кг	0,9 – 1,5

Для освітлення входів в будівлі ЗПК та ЗПР в Робочому проекті [2] пропонується використати світильники типу НББ64В потужністю 60 Вт. Світлодіодним аналогом цих світильників є світильник типу ДББ64В-8-022 УХЛ4 Селена-32А-СД-8, світловий потік якого становить 960 лм.

Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд світильника ДПП07В

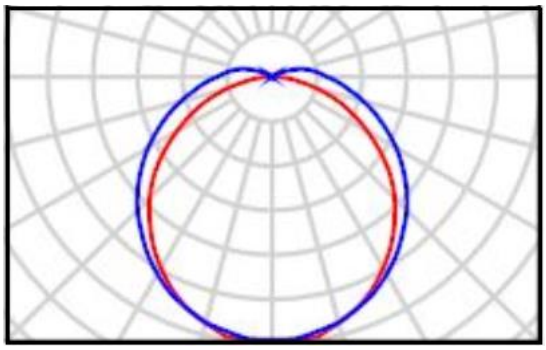

Рисунок 2.8 – Крива сили світла ДПП07В

Для аварійного евакуаційного освітлення використано світильник ДБО01, 02ВСП,-6 а,б-100 (рис 2.9), характеристики якого наведено в табл. 2.7.

Рисунок 2.8 – Зображення ДБО01ВСП-6 а,б-102

Таблиця 2.7 – Характеристики ДБО01, 02ВСП-6 а,б-102

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP20, IP65
Потужність, Вт	6
Час роботи в аварійному режимі, год	10
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	380×152×50
Маса, кг	1,6

2.2. Вихідні дані для розрахунку систем опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції

Вихідними даними для розрахунку систем опалення та кондиціонування приміщень є [19 – 21]:

- розрахункові значення середніх річних температур зовнішнього повітря θ_e;

- значення внутрішньої температури для кожного опалюваного та кондиціонованого приміщення $\theta_{\text{int},i}$;

- теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій опалюваних та кондиціонованих приміщень.

2.2.1 Вибір розрахункових значень зовнішніх та внутрішніх температур

Розрахункові значення температур зовнішнього повітря приймемо у відповідності до [22]. При розрахунку системи опалення розрахункова температура зовнішнього повітря дорівнює температурі повітря холодного періоду найхолоднішої п'ятиденки розрахованої як значення, що відповідає забезпеченості 0,92 з ранжируваного ряду температури повітря найхолоднішої п'ятиденки за період 1961-2005 рр. Для міста Миколаїв значення цієї температури становить $\theta_e^{ОП} = -20\,°\text{C}$.

Для розрахунку системи кондиціонування приймемо температуру зовнішнього повітря такою, що дорівнює температурі повітря теплого періоду найжаркішої доби із забезпеченістю 0,95. Для міста Миколаїв значення цієї температури становить $\theta_e^K = 30\,°\mathrm{C}$.

Внутрішні температури приміщень для опалення та кондиціонування виберемо у відповідності з ДСН 3.3.6.042-99 [23]. Значення внутрішніх температур $\theta_{\mathrm{int},i}$ для опалювальних та кондиціонованих приміщень із врахуванням категорій робіт, котрі виконуються в приміщеннях наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Значення температур опалюваних та кондиціонованих приміщень

Тип приміщення	Категорія робіт	$\theta_{\mathrm{int},i}$, ºС
Опалювальні приміщення		
ЗРП	Середньої важкості	15
ЗПК Приміщення панелей	Середньої важкості	15
Кабінет чергового	Легка	20
Кондиціоновані приміщення		
ЗПК Приміщення панелей	Середньої важкості	18
Кабінет чергового	Легка	21

2.2.2. Теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджувальних конструкції опалювальних та кондиціонованих приміщень

Опір теплопередачі багатошарової зовнішньої огороджувальної конструкції котра складається із *n* шарів (рис. 2.9) розраховується за формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}} \qquad (2.1)$$

де $\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі від простору приміщення до внутрішньої

сторони будівлі;

$\alpha_{зн}$ – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі в навколишній простір;

δ_i – товщина *i*-го шару зовнішньої огороджувальної конструкції;

λ_i – теплопровідність *i*-го шару зовнішньої огороджувальної конструкції.

Значення коефіцієнтів $\alpha_{вн}$ та $\alpha_{зн}$ приймемо згідно з табл. Додатка Е [24]. Відповідно до таблиці $\alpha_{вн} = 8,7$ Вт/(м^2·ºС), $\alpha_{зн} = 23$ Вт/(м^2·ºС).

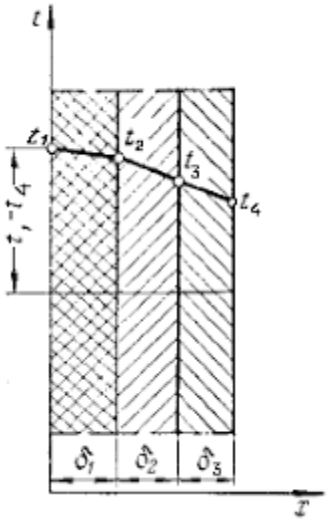

Рисунок 2.9 – Теплопередача через багатошарову огороджувальну конструкцію

Відповідно до [2] зовнішні стіни приміщень ЗПК та ЗРП мають одношарову структуру (шари фарбування вапняною сумішшю не враховуємо), котра являє собою залізобетонну панель Серия 7075 М з товщиною $\delta = 0,49$ м та коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,39$ Вт/(м·ºС) [25]. Підставляючи значення $\alpha_{вн}$, $\alpha_{зн}$, δ та λ, у формулу (2.1), отримаємо

$$R_{ЗС} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,49}{0,39} + \frac{1}{23} = 1,415 \text{ м}^2\cdot^{o}\text{С/Вт}.$$

Матеріалом в внутрішніх стін є газобетонні блоки товщиною 0,1 м та теплопровідністю $\lambda = 0,12$ Вт/(м·ºС) [24]. Підставляючи значення $\alpha_{вн}$, $\alpha_{зн}$, δ та

λ, у формулу (2.1), отримаємо

$$R_{BC} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,10}{0,12} + \frac{1}{23} = 0,991 \text{ м}^2\cdot{}^0\text{C/Вт}.$$

Верхнє перекриття над приміщеннями ЗПК та ЗРП являє собою багатошарову конструкцію, яка складається з:

- панелі перекриття, товщиною 0,22 м та коефіцієнтом теплопровідності 1,2 Вт/(м·ºС);
- пароізоляційної плівки товщиною 2 мм та коефіцієнтом теплопровідності 0,044 Вт/(м·ºС);
- утеплювача з керамзиту, товщиною 0,2 м та коефіцієнтом теплопровідності 0,14 Вт/(м·ºС);
- стяжки, товщиною 0,03 м та коефіцієнтом теплопровідності 0,81 Вт/(м·ºС);
- гідроізоляційного килима з руберoїду, товщиною 0,038 м та теплопровідністю 0,17 Вт/(м·ºС).

Підставляючи вищенаведені дані у формулу (2.1), отримаємо:

$$R_{ГП} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,002}{0,044} + \frac{0,2}{0,14} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{1}{23} = 2,076 \text{ м}^2\cdot{}^0\text{C/Вт}.$$

Опір теплопередачі для дверей та вікон приймаємо таким, що дорівнює мінімально-допустимому. Згідно із [24] для температурної зони II [22, 24] опір теплопередачі для дверей становить $R_Д = 0,55$ м²·ºС/Вт, а вікон – $R_Д = 0,42$ м²·ºС/Вт.

2.2.3. Вибір приладів для системи опалення та кондиціонування приміщень

В якості приладів для опалення приміщень будівель ЗРП та ЗПК зупинимо свій вибір на електричних конвекторах серії ALTIS ECOBOOST 2

[26] виробництва компанії Atlantic (рис. 2.10).

Переваги застосування саме електричних конвекторів полягають у наступному:

- коефіцієнт корисної дії електричних конвекторів становить 0,95, тобто майже вся електрична енергія, котра ними споживається переходить у тепло:
- при використанні електричних конвекторів в якості приладів основного опалення, капітальні затрати та їх придбання є найнижчими в порівнянні із іншими тепловими приладами;
- широкий діапазон регулювання температури дозволяє економити від 40 до 80 % електроенергії в залежності від інтенсивності використання;

Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд конвектора ALTIS ECOBOOST 2

Технічні характеристики електричних конвекторів ALTIS ECOBOOST 2 наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики конвекторів ALTIS ECOBOOST 2

Потужність (Вт)	500	1000	1500	2000	2500
Номінальна напруга	230V~				
Сила струму (А)	2.17	4.35	6.52	8.70	10.87
Розміри (мм)	364x450x78	468x450x78	606x450x78	764x450x78	902x450x78
Вага (кг)	2.85	3.20	4.40	5.15	6.30
Тип підключення	Type Y				
Захист від небезпечного проникнення води	IP24				
Регулятор температури	Електронний				

Для системи кондиціювання приміщень панелей ЗПК та кабінету чергового виберемо кондиціонери типу спліт-система серії CHANGE PRO (рис. 2.10) виробництва GREE [27].

Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд кондиціонера серії CHANGE PRO виробництва GREE

Технічні характеристики кондиціонерів наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристика кондиціонерів серії CHANGE PRO виробництва GREE

Характеристики	Модель			
	GWH09KF-K3DNA5G	GWH12KF-K3DNA5G	GWH18KF-K3DNA6G	GWH24KG-K3DNA5G
Продуктивність (холод), кВт	2,6 (0,45-3,23)	3,2 (0,45-3,5)	5,2 (1,2-6,2)	6.45 (2,53-6,55)
Продуктивність (тепло), кВт	2,8 (0,45-4,10)	3,8 (0,45-4,1)	5,8 (1,1-6,0)	7 (2,5-7,6)
Напруга живлення, В	220…240	220…240	220…240	220…240
Кількість фаз	1	1	1	1
Частота, Гц	50	50	50	50
Споживана потужність (холод), Вт	870 (200-1420)	1150 (220-1420)	1675 (380-2450)	2180 (600-2800)
Споживана потужність (тепло), Вт	900 (200-1550)	1100 (200-1550)	1750 (350-2600)	2220 (600-2800)
Витрата повітря, $м^3$/год	600/520/370/280	680/560/410/300	800//680/560/460	1000/800/700/550
Сумарна маса зовнішнього та внутрішнього блоків	36	38	58	69,5

На основі даних, представлених в табл. 2.10, побудовано графіки залежності продуктивності кондиціонерів від їх потужності (рис. 2.11)

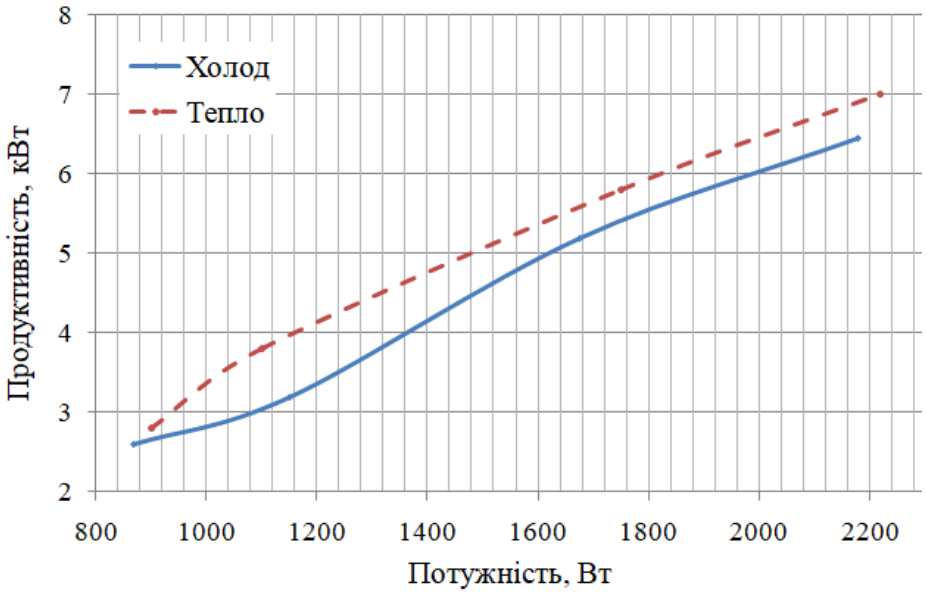

Рисунок 2.11 – Залежність продуктивності кондиціонерів серії CHANGE PRO виробництва GREE від їх потужності

2.3. Вибір електрообладнання системи живлення систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції

До електрообладнання, крім споживачів електричної енергії, можна віднести: електричні апарати, пристрої, проводи та кабелі. Згідно з [28] всі види електрообладнання повинні мати відповідність до технічних регламентів і нормативних документів.

Проектування електропроводок полягає у виборі типу використовуваного дроту або кабелю, розрахунку площі поперечного перерізу, а також способів їх прокладання.

2.3.1. Вибір провідників та кабелів

Типи проводів або кабелів визначають, враховуючи наступне:

- матеріал ізоляції струмоведучих жил;

- матеріал жил (мідь, алюміній);
- спосіб прокладки;
- конструктивне виконання жил (круглий, плоский, самонесучий і ін.);
- напругу живлення приладів цими проводами (250, 380, 660 і 1000 В);
- кількість струмоведучих жил;
- категорію приміщень (сухі, вологі, сирі, особливо сирі, особливо сирі з хімічно активним середовищем);
- вплив зовнішніх факторів, а саме температуру навколишнього середовища, наявність вологи, пилу, механічні зовнішні впливи.

На даний час для ізоляції використовуються такі матеріали:

- полівінілхлорид (ПВХ);
- поліетилен зшитий (СПЕ);
- гума;
- фторопласт;
- папір просочений.

Основними перевагами ізоляції з ПВХ є широкий діапазон робочої температури, в якому ізоляція може зберігати свою еластичність навіть при низькотемпературних умовах, відмінні діелектричні властивості, а також достатня стійкість до дії вологи, та агресивних хімічних речовин (кислот). Недоліками такого типу ізоляції є сильна чутливість до високих температур та ультрафіолетового випромінювання, що значно можуть прискорити процес старіння.

Однією із переваг гумової ізоляції переваг є висока гнучкість, що дозволяє застосовувати провода тих випадках, коли необхідно використовувати максимально гнучкий провідник. Недолік матеріалу полягає у втраті з часом своєї та захисних властивостей.

Поліетиленова ізоляція має високу стійкість до впливу агресивних середовищ, проте при підвищених температурах має нестабільні ізоляційні властивості.

Ізоляція з фторопласту характеризується високою міцністю, проте

застосування і монтаж провідників з такою ізоляцією дещо затруднений через її низьку гнучкість і еластичність.

На основі вищенаведеного та умов прокладання кабулів зупинимо свій вибір на кабелі із ізоляцією ПВХ.

Щодо матеріалу провідників, то в мережах живлення найчастіше застосовуються провідники, матеріалом яких є мідь або алюміній. Перевагами алюмінієвих провідників в порівнянні із мідними є: менша вартість, вища струмопровідність. Проте проводи із міді мають переваги, які полягають в наступному: менший питомий опір, вища механічна міцність, вища придатність до пайки та зварювання. Тому для електропроводки використаємо провідники, матеріалами котрих є мідь.

Оскільки прилади для освітлення, опалення та кондиціювання приміщень відповідають класу електрозахисту I [17, 27], то їх під'єднання до електромережі вимагає наявність додаткового заземляючого проводу. Тому для іх живлення виберемо трижильні кабелі. Оскільки прилади для освітленн, опалення та кондиціювання будуть примикатися до різних фаз, то для підведення живлення до розподільчих щитів застуємо пятижильні кабелі.

Отже на підставі вищенаведеного із врахуванням вимог, наведених в [12, 39, 30] зупинимо свій вибір на кабелях типу ПВСнг та ВВГнг. Для живлення світильників аварійного освітлення виберемо кабель марки FLAME-X 950.

2.4.2. Вибір комутуючих пристроїв та апаратів захисту

В якості комутуючих пристроїв виберемо:

для системи освітлення приміщень приміщень будівлі ЗПК: вимикачі прохідні типу ВК4-21-00-П;

для освітлення ЗРП 0,6 кВ: в вимикачі прохідні типу ВК4-22-00-П;

для приладів зовнішнього освітлення: ВС20-1-0-ГБ.

Для комутації струмоведучих жил використаємо коробки розподільчі типу КМ41244.

В приміщеннях панелей будівлі ЗПК передбачається наявність трьох комплектів розеток 220В по 2 шт. В приміщенні чергового встановлюються 2 розеток кількістю по по 3 шт. Крім того в приміщенні панелей будівлі ЗПК та в будівлі ЗРП 0,6 кВ передбачається можливість підключення ремонтного освітлення, а отже передбачається установка ящиків трансформатора понижувального типу ЯТП-0,25 в щитах розподільчих та розетки на напругу 36 В.

Для захисту приладів систем електричного опалення та кондиціонування повітря виберемо автоматичні апарати захисту ВА-2017 1р (рис. 2.12) [31].

Рисунок 2.12 – Автоматичний вимикач типу ВА-2017 1р

Цей тип вимикачів володіє призначений для використання в системах з номінальною напругою 220/ 400 В. Робоча температура навколишнього середовища, в якому може використовуватись автоматичний вимикач становить від -5 до +45. Механічна зносостійкість становить 20000 циклів, а електрична – 6000 циклів.

Автоматичний вимикач володіє часо-струмовою характеристикою типу С. Це означає, що мінімальний струм спрацьовування електромагнітного вимикача в п'ять разів перевищує номінальний струм номінальний струм, а час спрацювання теплового розчеплювача становить 1,5 секунди. При цьому гарантоване спрацьовування електромагнітного розчеплювача настає при

десятикратному перевантаженні для змінного струму і при п’ятнадцятикратному для постійного.

Вибір апаратів захисту систем освітлення виберемо у відповідності до вимог, наведених в [12, 13]. Згідно із цими вимогами світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла, приєднані групової лінії апаратом захисту, у разі їх одночасного вмикання, не мають викликати хибне спрацьовування цього апарату внаслідок дії пускових струмів. Тому максимальна кількість світильників $N_{\max}$, які підключаються до одної групової лінії визначається із нерівності:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \qquad (2.2)$$

де K – коефіцієнт кривої спрацьовування автоматичного вимикача;

K_k – коефіцієнт нерозчіплювання (табл. 2.11);

I_n – струм струмової вставки електромагнітного розчіплювала автоматичного вимикача;

I_{peak} – пусковий струм одного світлового приладу.

Таблиця 2.11 – Залежність коефіцієнта нерозчеплення від тривалості імпульсного струм

Тривалість імпульсу пускового струму, мс	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Коефіцієнт нерозчеплення	58,0	27,0	16,2	9,0	6,5	5,2

Тому вибір струмочасової характеристики апарарату захисту здійснемо після електричного розрахунку електричної освітлювальної мережі, який наведено у розділі 3.

В якості ввідних автоматичних вимикачів виберемо вимикачі типу ВА 2007 3р ВРН (рис. 2.13) [33].

Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд автоматичного вимикача типу ВА 2007 3р ВРН

Технічні характеристики апарату захисту представлено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики автоматичних вимикачів типу ВА 2007 ВРН

Кількість полюсів		1	2	3
Номінальний робочий струм Ie, А		20, 25, 32, 40, 63		20, 25, 32, 40, 63, 100, 125
Номінальна робоча напруга Ue, В	AC, 50Гц	380		
	DC	110		
Номінальна напруга ізоляції Ui, В		500		
Номінальна імпульсна напруга Uimp, кВ		4		
Максимальний струм при t=60мсек Imax, А		15Ie		
Механічна зносостійкість, циклів	Ie≤63A	10000		
	Ie≥100A	8000		
Поперечний переріз з'єднувальних проводів, мм^2		4…25		
Ступінь захисту		IP20		
Кліматичне виконання		УХЛ4		
Ступінь забрудненості оточуючого середовища		2		
Температура експлуатації, °С		-15…+45		

Для перемикання живлення систем опалення та освітлення від ШОС1 на ШОС2 та навпаки використаємо перемикач типу SFT3 виробництва Hager (рис. 2.13) [34]. Основними характеристиками таких вимикачів є: номінальна напруга змінного струму – 400 В, номінальна напруга ізоляції – 440 В, електрична

міцність при номінальному навантаженні – 25000 циклів, кількість механічних процесів – 200000.

Рис. 2.13 – Зовнішній вигляд перемикача типу SFT3

2.5. Висновки до розділу

1. Отримано вихідні дані на проектування систем освітлення приміщень підстанції, а саме здійснено вибір систем освітлення та нормованої освітленості приміщень.

2. На основі порівняння характеристик різних типів джерел світла для освітлення приміщень було вибрано напівпровідникові джерела світла. Це дозволило здійснити вибір світлових приладів на основі світло діодів.

3. На основі розрахунку отримано теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних приміщень. Здійснено вибір приладів для опалення та кондиціонування.

4. Вибрано електрообладнання систем живлення освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції. В якості провідникових матеріалів вибрано трижильні та п’ятижильні кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією типу ВВГнг, ПВСнг та FLAME-X 950.

5. Проведено вибір комутуючих пристроїв та апаратів захисту, в якості котрих вибрано однополюсні та триполюсні автоматичні вимикачі. Для захисту систем освітлення вибір струмочасової характеристики здійснено на основі розрахунків, представлених в розділі 3.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Світлотехнічний розрахунок та моделювання освітлення приміщень будівлі підстанції

Світлотехнічний розрахунок освітлювальних установок базується на двох основних методах: методу коефіцієнта використання та точковому методу. Особливістю методу коефіцієнта використання є те, що він дає змогу розрахувати середню освітленість горизонтальної робочої поверхні із врахуванням відбиваючих характеристик поверхонь, які обмежують приміщення. Розрахунок освітленості E за методом коефіцієнта використання із врахуванням коефіцієнта запасу k та коефіцієнта мінімальної освітленості z виконується за формулою [6, 15]:

$$E = \frac{N\Phi U}{Szk}, \tag{3.1}$$

де N – кількість світлових приладів в приміщенні;

Φ – світловий потік одного світильника;

U – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа, що освітлюється.

Точковий метод застосовується для розрахунку освітленості в конкретній точці із врахуванням КСС світильника та напряму сили світла до розрахункової точки:

$$E = \frac{I_\alpha \cdot \cos\alpha}{l^2}, \tag{3.2}$$

де I_α – сила світла в напрямку до розрахункової точки;

α – кут між напрямком сили світла та нормаллю до поверхні розрахунку, котра проходить через розрахункову точку;

l – відстань від джерела світла (світлового приладу) до розрахункової точки.

Застосування цих двох методів світлотехнічного розрахунку в даний час є дещо утрудненим, що зумовлено рядом причин:

1) складність отримання точного значення коефіцієнта використання для світильників з напівпровідниковими джерелами світла;

2) складність при світлотехнічному розрахунку освітлювальної установки адекватно оцінити рівномірність освітлення.

Тому для подальшого світлотехнічного розрахунку систем освітлення приміщень підстанції використаємо програмний пакет DIALux. Використання даного пакету дозволяє отримати число освітлювальних приладів на основі методу коефіцієнта використання [35], а оцінити рівень освітленості та рівномірність освітлення – на основі точкового методу.

Вихідні дані щодо світлотехнічного розрахунку наведено в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Вихідні дані щодо світлотехнічного розрахунку приміщень підстанції

№	Призначення приміщення	Світлові прилади	Висота встановлення над підлогою, м	Спосіб встановлення
ЗРП 0,6 кВ				
1	Центральна частина	ДСП65В	3,0	Підвіс на трос
2	Кабельні канали	ДПП05В	3,2	Монтаж на стіну
ЗПК				
1	Приміщення панелей	ДСП11	3,0	Підвіс на трос
2	Кабінет чергового	ДПП07В	4,0	Монтаж на стелю
3	Коридор	ДПП05В	4,0	Монтаж на стелю
4	Санвузол	ДПП05В	4,0	Монтаж на стелю

В процесі світлотехнічного розрахунку всіх приміщень було враховано наступне:

- коефіцієнти відбивання поверхонь стелі, стін та підлоги дорівнювали відповідно 70, 50 та 20 %;

- коефіцієнт запасу, тобто відношення світлового потоку на початку до світлового потоку наприкінці терміну служби становив 1,25, а в пакеті DIALux використовується його обернена величина – коефіцієнт зменшення, котра дорівнює 0,8;

- висота приміщень 4 м.

В результаті моделювання освітлювальної установки для одного з приміщень ЗРП 0,6 кВ (інше приміщення є аналогічне) отримано лінії графіки розміщення ліній ізолюкс на розрахункових площинах. Ці лінії представлено на рис. 3.1.

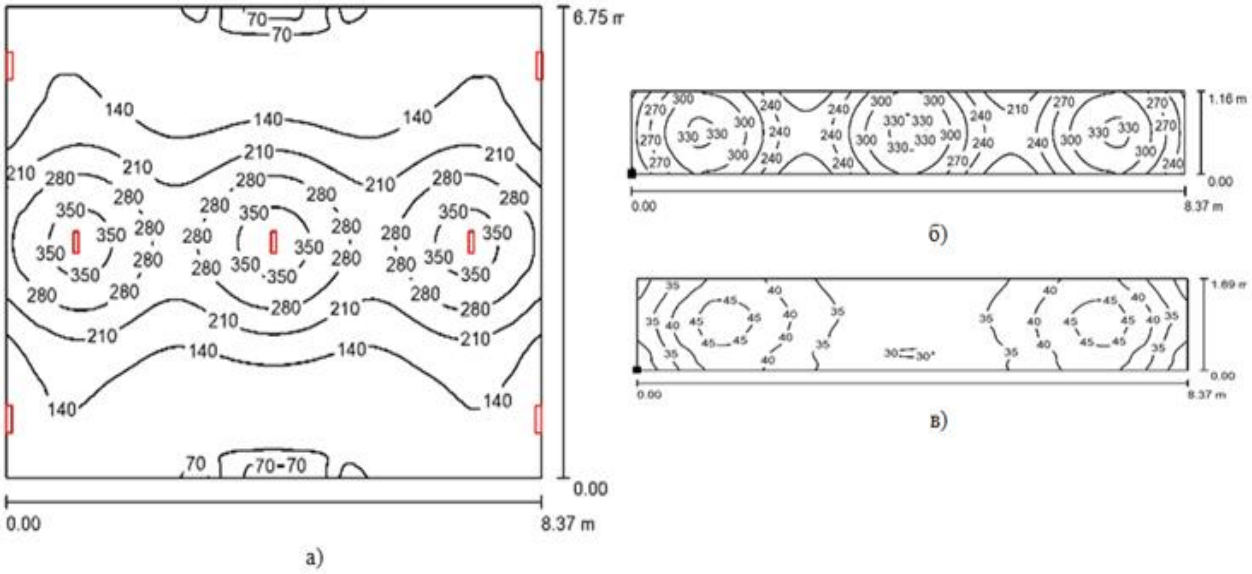

Рисунок 3.1 – Графіки ліній ізолюкс для приміщення ЗРП06кВ: а) для всього приміщення; б) для центральної частини приміщення (лише від світильників ДСП65В); в) для кабельних тунелів (лише від світильників ДПП 05В)

Значення середньої освітленості, коефіцієнта нерівномірності, а також співставлення їх із нормативними значеннями наведено в табл. 3.2.

Такі умови освітлення забезпечуються:

світильниками ДСП65В-25-202 У2 кількістю 3 шт;

світильниками ДПП05В-15-121 УХЛ4.1 кількістю 4 шт.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку середньої освітленості та нерівномірності освітлення для приміщень ЗРП 0,6 кВ

№	Призначення приміщення	Освітленість, лк		Показник нерівномірності	
		Нормована	Розрахована	Нормований	Розрахований
1	ЗРП 0,6 кВ: Центральна частина: горизонтальна площина	150	273	0,600	0,694
	вертикальна площина	150	163	0,600	0,681
2	Кабельні канали	20	37	-	0,735

Аналогічно визначаємо кількість світлових приладів, а також розраховуємо середню освітленість на робочих поверхнях для приміщень ЗПК. Результати розрахунку середньої освітленості для приміщень панелей ЗПК наведено в табл. 3.3. Результати розрахунку кількості світлових приладів наведено в табл.. 3.3, розрахунку освітленості – в табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку кількості світлових приладів приміщень ЗПК

№	Призначення приміщення	Площа, $м^2$	Тип світлових приладів	Кількість, шт.
	ЗРП 0,6 кВ	112,96	ДСП65В-25-202 У2	6
			ДПП05В-15-121 УХЛ4.1	8
ЗПК				
1	Приміщення панелей	71,16	ДСП11-13-411	21
2	Кабінет чергового	11,09	ДПП07В-20-323 УХЛ4	4
3	Коридор	6,12	ДПП05В-15-121 УХЛ4.1	2
4	Санвузол	2,33	ДПП05В-15-121 УХЛ4.1	1

На рис. 3.2 представлено графіки ліній ізолюкс на розрахункових

поверхнях приміщення панелей на горизонтальній площині (а), приміщення панелей на вертикальній площині (б), кабінету чергового.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку середньої освітленості та нерівномірності освітлення приміщень будівлі ЗПК

№	Призначення приміщення	Освітленість, лк		Показник нерівномірності	
		Нормована	Розрахована	Нормований	Розрахований
1	Приміщення панелей:				
	горизонтальна площина	240	270	0,6	0,606
	вертикальна площина	150	164		0,838
2	Кабінет чергового	200	227	0,6	0,624
3	Коридок	75	84	-	0,851
	Санвузол	75	85	-	0,913

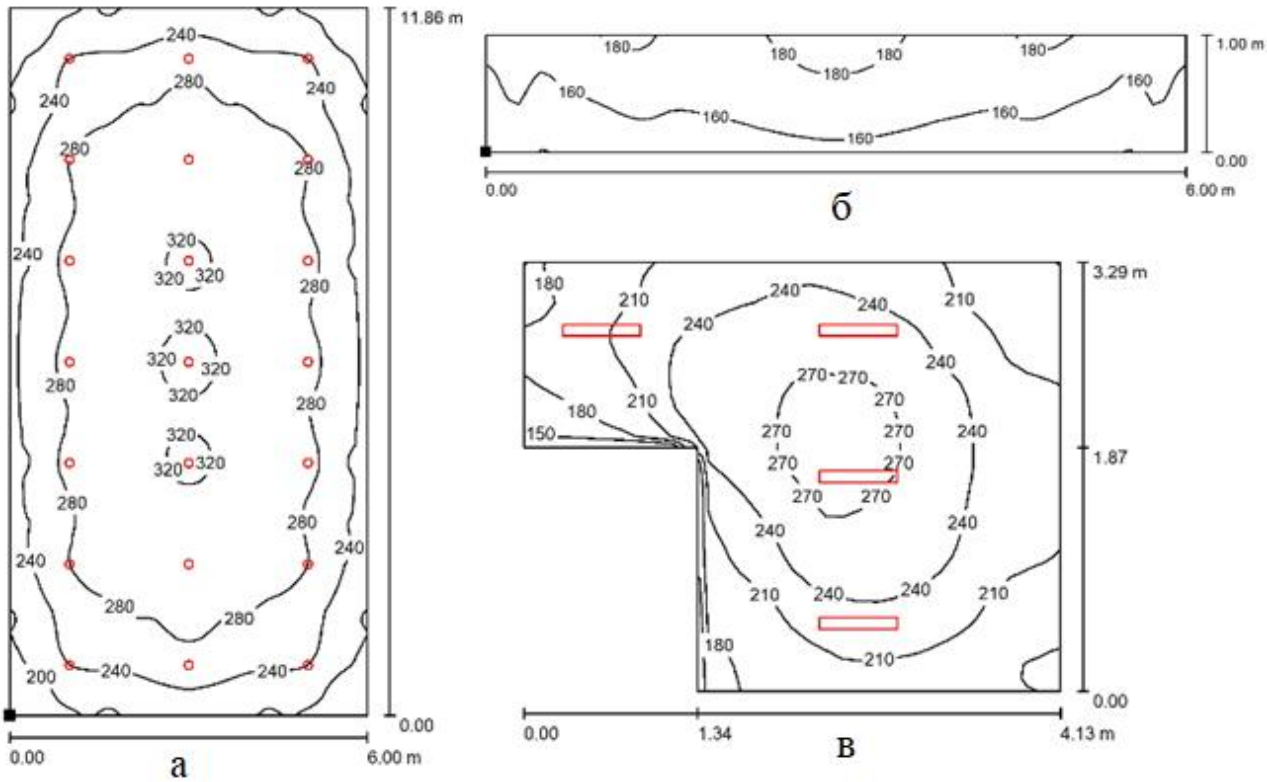

Рисунок 3.2 – Графіки ліній ізолюкс для приміщень будівлі ЗПК

Для забезпечення рівня освітленості 1 лк та коефіцієнта нерівномірності 1:40 [13, 36] евакуаційного освітлення аварійного освітлення приміщень ЗРП 6кВ застосуємо:

- для приміщень ЗРП 0,6 кВ два світильника типу ДБО02ВСП-6-а-104;
- для приміщень будівлі ЗПК три світильника ДБО02ВСП-6-а-104.

3.2. Розрахунок теплового навантаження опалення приміщень підстанції та вибір кількості та потужності опалювальних приладів

Згідно з пунктом 6.3.4 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [37] виконання розрахунку теплового навантаження систем опалення будівель здійснюється у відповідності з методикою європейського стандарту EN 12831 [38, 39].

Згідно із методикою [38] проектні втрати тепла Φ_i опалювального простору приміщення розраховуються шляхом сумування проектних втрат тепла опалювального простору через зовнішні огороджувальні конструкції $\Phi_{T,i}$ (трансмісійних втрат) та проектних вентиляційних втрат тепла $\Phi_{V,i}$ [40]:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}. \tag{3.3}$$

Проведемо розрахунок тепловтрат на прикладі приміщення панелей будівлі ЗПК.

Формула для розрахунку трансмісійних втрат тепла має вигляд:

$$\Phi_{T,i} = \left(H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}\right) \cdot \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right), \tag{3.4}$$

де $H_{T,ie}$ – коефіцієнт втрат тепла шляхом теплопередачі через зовнішню огороджувальну конструкцію;

$H_{T,iue}$ – коефіцієнт втрат тепла через суміжні неопалювальні приміщення;

$H_{T,ij}$ – коефіцієнт втрат тепла внаслідок теплопередачі до приміщення з іншою внутрішньою температурою;

$H_{T,ig}$ – коефіцієнт втрат тепла внаслідок теплопередачі до ґрунту.

Коефіцієнт $H_{T,ie}$ розраховується, виходячи із формули:

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \ , \qquad (3.5)$$

де A_k – площа зовнішньої огороджувальної конструкції;

U_k – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огороджувальної конструкції

ψ_l – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплового мосту;

l_l – довжина лінійного теплового мосту;

e_k, e_l – поправочні коефіцієнти на орієнтацію зовнішньої огороджувальної конструкції.

Для приміщення панелей ЗПК маємо три зовнішні огороджувальні вертикальні конструкції, розміри, площі та орієнтації яких наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомості щодо розмірів, площі, орієнтації та коефіцієнтів теплопередачі вертикальних зовнішніх огороджувальних конструкцій приміщення панелей ЗПК

Позначення	Орієнтація	Довжина, а, м	Ширина (висота), b(h), м	Площа, $A_к$, м^2	Коефіцієнт теплопередачі***, U_k, Вт/м^2*°С
ЗС	Пн	6,0	4,22	25,32	0,707
ЗС	Сх	11,9	4,22	47,89	0,707
ЗС	Зх	6,75	4,22	25,35	0,707
В*	Сх	1,8	1,2	2,16	2,381
Д**	Зх	1,48	2,12	3,14	1,818

Примітка: *В – вікно; **Д – двері; ***Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій визначали, як обернену величину до термічного опору, числові значення якого для стін розраховано в розділі 2

Поправочний коефіцієнт $e_k = e_l = 1 + \sum \beta$, де $\sum \beta$ – сума коефіцієнтів

коефіцієнт додаткових тепловтрат, котрі визначаються, виходячи із таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнти додаткових тепловтрат

Фактори, для яких обумовлені додаткові втрати теплоти	Огородження, при розрахунках яких враховуються додаткові тепловтрати	β
Вітер зі швидкістю в січні до 5 м/с	Орієнтовані в напрямках, звідки дує вітер в січні з повторюваністю не менш 15%	0,05
Вітер зі швидкістю в січні 5 м/с і більше		0,10
Будівлі заввишки 10-15 поверхів (при висоті поверху до 2,7 м)	Огородження першого та другого поверхів	0,10
	Огородження третього поверху	0,05
Будівлі заввишки 16 поверхів і більше (при висоті поверху до 2,7 м)	Огородження першого та другого поверхів	0,20
	Огородження третього поверху	0,15
	Огородження четвертого поверху	0,10

Згідно з таблицею 5 [22] для м. Миколаїв в січні місяці напрям вітру з повторюваністю не менше, ніж 15 % та швидкістю 3,8 м/с притаманний для північної сторони. Тому для вертикальних зовнішніх огороджувальних конструкцій, орієнтованих на північну сторону, коефіцієнт додаткових втрат приймаємо $e_k = e_l = 1{,}05$. Для решти вертикальних зовнішніх огороджувальних конструкцій $e_k = e_l = 1{,}0$.

Втрати тепла $\sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l$ приймемо такими, що дорівнюють нулю у зв'язку із наявністю теплової ізоляції на вузлах внутрішнього сполучення огороджувальних конструкцій [2, 41].

Підставляючи числові значення площ, коефіцієнтів теплопередачі, а також значення для e_k в рівняння (3.5), отримаємо

$$H_{T,ine} = 25{,}32 \cdot 0{,}707 \cdot 1{,}05 + 47{,}89 \cdot 0{,}707 \cdot 1{,}0 + 25{,}35 \cdot 0{,}707 \cdot 1 +$$

$$+2{,}16 \cdot 2{,}381 \cdot 1 + 3{,}14 \cdot 1{,}818 \cdot 1 = 81{,}43 \frac{\text{Вт}}{°\text{C}}$$

Коефіцієнт трансмісійних тепловтрат через неопалювальне приміщення до зовнішнього середовища розрахуємо за формулою:

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u \ , \qquad (3.6)$$

де b_u – кореляційний температурний коефіцієнт, який враховує різницю температур в неопалювальному та опалювальному приміщеннях.

Згідно із [2], неопалювальним приміщенням, до якого примикає приміщення панелей ЗПК є коридор. Огороджувальною конструкцією між цими двома приміщеннями є стіна площею 5,941 м^2 та коефіцієнтом теплопередачі 0,707 Вт/(м^2·ºС) і двері, площею 1,908 м^2 та 1,818 Вт/(м^2·ºС). Значення коефіцієнта $b_u = 0,6$ визначаємо у відповідності з таблицею 2 [41]. Підставляючи значення у формулу (3.6), отримаємо

$$H_{T,ie} = 5,941 \cdot 0,707 \cdot 0,6 + 1,908 \cdot 1,818 \cdot 0,6 = 4,60 \ \frac{\text{Вт}}{°\text{C}}.$$

Коефіцієнт трансмісійних тепловтрат внаслідок теплопередачі до опалювального приміщення з іншою внутрішньою температурою розраховується за формулою:

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \ , \qquad (3.7)$$

де f_{ij} – коефіцієнт різниці температур у суміжних опалювальних приміщеннях.

Суміжним до приміщення панелей у будівлі ЗПК є кабінет чергового, відділений стіною площею 17,43 м^2 та коефіцієнтом теплопередачі 0,707 Вт/(м^2·ºС).

Коефіцієнт f_{ij} розраховується за формулою

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{adjacent.space}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \ , \qquad (3.8)$$

де $\theta_{adjacent.space}$ – температура в сусідньому приміщенні, яку у відповідності з таблицею 2.8 приймемо такою, що дорівнює 20 ºС.

Підставивши значення температур у формулу (3.8), отримаємо:

$$f_{ij} = \frac{15 - 20}{15 - (-20)} = -0,14. \qquad (3.7)$$

Підставляючи значення площ та коефіцієнта різниці температур в

формулу (3.7), отримаємо:

$$H_{T,ij} = -0{,}14 \cdot 17{,}43 \cdot 0{,}707 = -1{,}73 \ \frac{\text{Вт}}{°\text{C}}.$$

Коефіцієнт втрат тепла внаслідок теплопередачі до ґрунту розрахуємо за формулою:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \ , \qquad (3.9)$$

де f_{g1} – поправочний коефіцієнт річних коливань температури і ґрунту;

f_{g2} – поправочний коефіцієнт на можливе зниження річної температури;

$U_{equiv,k}$ – коефіцієнт теплопередачі підлоги із врахуванням її типу;

G_w – корегувальний коефіцієнт, який враховує вплив ґрунтових вод.

Значення коефіцієнтів f_{g1} та G_w виберемо з таблиці 3 [41]. Враховуючи, що відстань між плитою перекриття підлоги та передбаченими ґрунтовими водами становить більше, ніж 1 м, то $f_{g1} = 1{,}45$, $G_w = 1{,}0$.

Поправочний коефіцієнт f_{g2} розрахуємо за формулою:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{me}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \ , \qquad (3.10)$$

де θ_{me} – середньорічна температура зовнішнього повітря, котра для м. Миколаїв становить 10,1 ºС.

Підставляючи значення в рівняння (3.10), отримаємо:

$$f_{ij} = \frac{15 - 10{,}1}{15 - (-20)} = 0{,}14. \qquad (3.9)$$

Коефіцієнт теплопередачі $U_{equiv,k}$ визначається в залежності від характеристичного розміру підлоги [41, 42], який розраховується для всієї будівлі:

$$B' = \frac{A}{0{,}5 \cdot P} \ , \qquad (3.11)$$

де P – периметр підлоги.

Підставляючи значення $A = 89,9$ м^2 та $P = 42,0$ м в формулу (3.11), отримаємо:

$$B' = \frac{89,9}{0,5 \cdot 42,0} = 4,28 \text{ м}.$$

Коефіцієнт теплопередачі визначимо для перекриття підлоги, яке розташоване на рівні землі (рис. 3.3) [41].

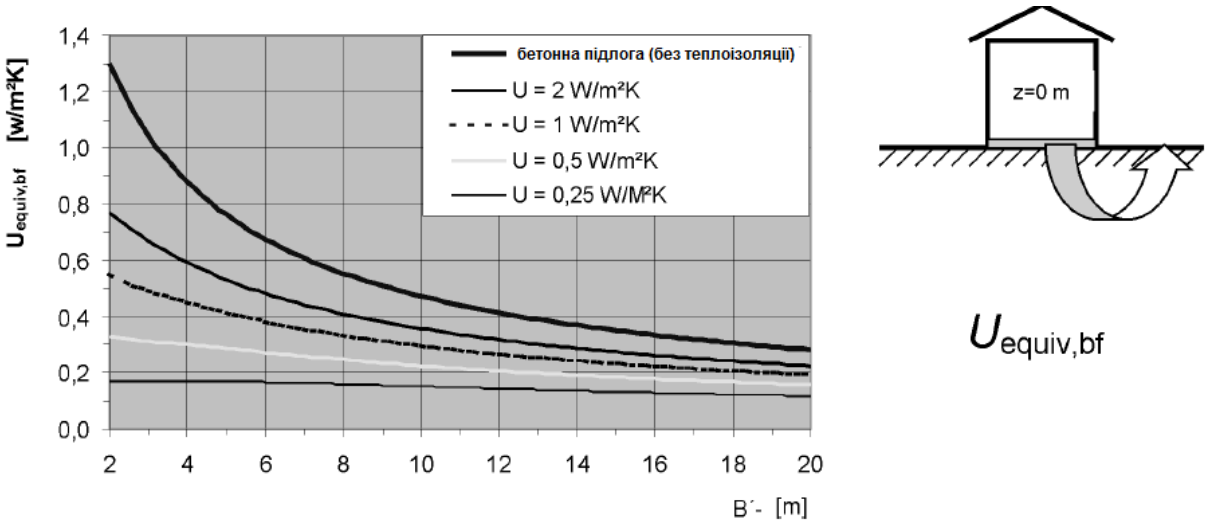

Рисунок 3.3 – Коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги, розташованої на рівні землі

З графіка рис. 3.3 визначаємо, що для неутепленної бетонної підлоги при $B' = 4,28$ м коефіцієнт теплопередачі дорівнює $U_{equiv,k} = 0,81$ Вт/(м$^2 \cdot$°С). Підставивши чисельні значення для f_{g1}, f_{g2}, G_w та $U_{equiv,k}$ у формулу (3.10), отримаємо:

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,14 \cdot 71,16 \cdot 0,81 \cdot 1,0 = 11,70 \frac{\text{Вт}}{°\text{C}}.$$

Коефіцієнт трансмісійних втрат через верхнє перекриття розрахуємо за формулою (3.4), врахувавши, що коефіцієнт $e_k = e_l = 1,0$:

$$H_{T,ig} = 71{,}16 \cdot 0{,}482 = 34{,}30\ \frac{\text{Вт}}{°\text{C}}.$$

Підставивши отримані числові значення коефіцієнтів трансмісійних втрат в формулу та врахувавши, що $\theta_{int,i} = 15$ ºС, а $\theta_e = \theta_e^{ОП} = -20$ ºС, отримаємо:

$$\Phi_{T,i} = \left(81{,}43 + 4{,}60 - 1{,}73 + 4{,}28 + 34{,}30\right) \cdot \left(15 - (-20)\right) = 4559 \text{ Вт}.$$

Вентиляційні тепловтрати опалюваного приміщення за спрощеною методикою розрахуємо за формулою:

$$\Phi_{V,i} = 0{,}34 \cdot V_{min,i} \cdot \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right). \qquad (3.12)$$

де $V_{min,i}$ – мінімальна подача повітря до опалювального приміщення згідно національних гігієнічних вимог.

Прийнявши, що мінімальна подача повітря становить добутку проектної кількості людей (3 людини) у приміщенні на витрату повітря на одну людину (30 (м^3/год)/люд), отримаємо:

$$\Phi_{V,i} = 0{,}34 \cdot 90\left(15 - (-20)\right) = 1071 \text{ Вт}.$$

Підставляючи числові значення для $\Phi_{T,i}$ та $\Phi_{V,i}$ в рівняння (3.3), отримаємо

$$\Phi_i = 4559 + 1071 = 5630 \text{ Вт}.$$

Аналогічно розраховуємо і втрати тепла для інших приміщень. Результати розрахунків приведено в таблицях 3.6 – 3.8.

При виборі потужності та числа опалювальних приладів приймали, що коефіцієнт корисної дії електричних конвекторів близький до одиниці. Інформацію щодо потужності та кількості опалювальних приладів наведено в табл.. 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати розрахунку кількості опалювальних приладів

Призначення приміщення	Тип опалювального приладу	Потужність, Вт	Кількість, шт
ЗРП 0,6 кВ	ALTIS ECOBOOST 2	1,5	8
ЗПК Приміщення панелей	ALTIS ECOBOOST 2	1,5	4
ЗПК Кабінет чергового	ALTIS ECOBOOST 2	1,5	2

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку теплового навантаження опалення примі щеня панелей ЗПК

Приміщення			*Огороджувальна конструкція*																
№ Приміщення / Найменування	*Площа приміщення, A_i, м²*	*Температура, $\Theta_{int,i}$, °C*	*Позначення*	*Орієнтація*	*Довжина, a, м*	*Ширина (висота), b(h), м*	*Площа, A_k, м²*	*Коефіцієнт теплопередачі, U_k, Вт/м²*°C*	*Поправочний коефіцієнт додаткових теплотрат, e_i*	*Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_u*	*Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалювальних приміщень, f_{ij}*	*Характеристика трансмісійних теплотрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, $H_{T,i}$, Вт/°C*	*Характеристика трансмісійних теплотрат опал. прим. через ОК до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою, H_{ij}, Вт/°C*	*Трансмісійні тепловтрати приміщення, $\Phi_{T,i}$, Вт*	*Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{min,i}$, м³/год*	*Характеристика інфільтраційних теплотрат приміщення, $H_{V,i}$, Вт/°C*	*Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $\Phi_{V,i}$, Вт*	*Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.) Φ_{Oi}, Вт*	*Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{hl,i}$, Вт*	*Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{HL,i}$, Вт*
ЗПК	*71,16*	*15*	*ЗС*	*Пн*	*6*	*4,22*	*25,32*	*0,707*	*1,1*	*0*	*0*	*18,79*	*0,00*	*4559*	*90*	*30,6*	*1071*	*0*	*4559*	*5630*
Прим.			*ЗС*	*Сх*	*11,9*	*4,22*	*47,89*	*0,707*	*1,1*	*0*	*0*	*33,84*	*0,00*							
панелей			*В*	*Сх*	*1,8*	*1,2*	*2,16*	*2,381*	*1,1*	*0*	*0*	*5,14*	*0,00*							
			ЗС	*Зх*	*6,75*	*4,22*	*25,35*	*0,707*	*1*	*0*	*0*	*17,91*	*0,00*							
			Д	*Зх*	*1,48*	*2,12*	*3,14*	*1,818*	*1*	*0*	*0*	*5,70*	*0,00*							
			ВС	*Пд*	*1,86*	*4,22*	*5,941*	*0,707*	*0*	*0,6*	*0*	*0*	*2,52*							
			Д	*Пд*	*0,9*	*2,12*	*1,908*	*1,818*	*0*	*0,6*	*0*	*0*	*2,08*							
			ВС	*Пд*	*4,13*	*4,22*	*17,43*	*0,707*	*0*	*0*	*-0,14*	*0*	*-1,73*							
			ГП	*-*	*6*	*11,9*	*71,16*	*0,482*	*1*	*0*	*0*	*34,28*	*0,00*							
			ПЛ	*-*	*6*	*11,9*	*71,16*	*0,81*	*1*	*0*	*0*	*11,70*	*0,00*							

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку теплового навантаження опалення кабінету чергового ЗПК

Приміщення			*Огороджувальна конструкція*																	
№ Приміщення/Найменування	*Площа приміщення, A_i, м²*	*Температура, $\Theta_{int,i}$, °C*	*Позначення*	*Орієнтація*	*Довжина, a, м*	*Ширина (висота), b(h), м*	*Площа, A_k, м²*	*Коефіцієнт теплопередачі, U_k, Вт/м²*°C*	*Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_l*	*Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_u*	*Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалювальних приміщень, f_{ij}*	*Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, $H_{T,i}$, Вт/°C*	*Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою, H_{ij}, Вт/°C*	*Трансмісійні тепловтрати приміщення, $\Phi_{T,i}$, Вт*	*Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{min,i}$, м³/год*	*Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, $H_{V,i}$, Вт/°C*	*Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $\Phi_{V,i}$, Вт*	*Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.), $\Phi_{\Theta i}$, Вт*	*Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{hl,i}$, Вт*	*Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{HL,i}$, Вт*
ЗПК	*11,09*	*20*	*ЗС*	*Сх*	*3,29*	*4,22*	*11,72*	*0,707*	*1*	*0*	*0*	*8,29*	*0,00*	*1637*	*60*	*20,4*	*816*	*0*	*1637*	*2453*
Каб.			*В*	*Сх*	*1,8*	*1,2*	*2,16*	*2,381*	*1*	*0*	*0*	*5,14*	*0,00*							
чергового			*ЗС*	*Пд*	*2,79*	*4,22*	*11,77*	*0,707*	*1*	*0*	*0*	*8,32*	*0,00*							
			ВС	*Зх*	*4,63*	*4,22*	*17,63*	*0,707*	*0*	*0,6*	*0*	*0*	*7,48*							
			Д	*Зх*	*0,9*	*2,12*	*1,91*	*1,808*	*0*	*0,6*	*0*	*0*	*2,07*							
			ВС	*Пд*	*4,13*	*4,22*	*17,4286*	*1,009*	*0*	*0*	*0,14*	*0*	*2,46*							
			ГП	*-*	*4,13*	*3,29*	*11,09*	*0,482*	*1*	*0*	*0*	*5,34*	*0,00*							
			ПЛ	*-*	*4,13*	*3,29*	*11,09*	*0,81*	*1*	*0*	*0*	*1,82*	*0,00*							

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку теплового навантаження опалення приміщення ЗРП 0,6 кВ

Приміщення			*Огороджувальна конструкція*																
№ Приміщення/Найменування	*Площа приміщення, A_i, м²*	*Температура, $\Theta_{int,i}$, °C*	*Позначення*	*Орієнтація*	*Довжина, a, м*	*Ширина (висота), b(h), м*	*Площа, A_k, м²*	*Коефіцієнт теплопередачі, U_k, Вт/м²*°C*	*Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_i*	*Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_u*	*Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалювальних приміщень, fij*	*Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, $H_{T,i}$, Вт/°C*	*Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою, H_{ij}, Вт/°C*	*Трансмісійні тепловтрати приміщення, $\Phi_{T,i}$, Вт*	*Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{min,i}$, м³/год*	*Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, $H_{V,i}$, Вт/°C*	*Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $\Phi_{V,i}$, Вт*	*Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.), Φ_{Oi}, Вт*	*Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{hl,i}$, Вт*	*Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{HL,i}$, Вт*
ЗРП	*60,04*	*15*	*ЗС*	*Пн*	*8,9*	*4,22*	*37,54*	*0,707*	*1,05*	*0*	*0*	*27,85*	*0,00*	*4088*	*90*	*30,6*	*1071*	*0*	*4088*	*5159*
			ЗС	*Пд*	*8,9*	*4,22*	*37,54*	*0,707*	*1*	*0*	*0*	*26,53*	*0,00*							
			ЗС	*Зх*	*6,75*	*4,22*	*25,35*	*0,707*	*1*	*0*	*0*	*17,91*	*0,00*							
			Д	*Зх*	*1,48*	*2,12*	*3,14*	*1,818*	*1*	*0*	*0*	*5,70*	*0,00*							
			ГП	*-*	*8,9*	*6,75*	*60,04*	*0,482*	*1*	*0*	*0*	*28,92*	*0,00*							
			ПЛ	*-*	*8,9*	*6,75*	*60,04*	*0,81*	*1*	*0*	*0*	*9,87*	*0,00*							

3.3. Розрахунок та вибір приладів для кондиціонування приміщень

Вибір системи кондиціонування для охолодження приміщень та кондиціонера залежить від його розрахункової потужності та розмірів приміщення. Рекомендований діапазон потужності кондиціонера $Q_{КОНД}$ має бути максимально наближеним до розрахованого значення кількості тепла, яке надходить в приміщення і вибирається зі співвідношення [43]:

$$Q_{КОНД} = (0,95 \div 1,15) Q_{ЗАГ}. \quad (3.13)$$

де $Q_{ЗАГ}$ – загальні тепло надходження в приміщення, чисельне значення яких розраховується за формулою:

$$Q_{ЗАГ} = Q_{Л} + Q_{ОСВ} + Q_{ОБЛ} + Q_{РАД} + Q_{ЗОК}. \quad (3.14)$$

де $Q_{Л}$ – кількість надходження тепла в приміщення від людей при їх постійному чи періодичному перебуванні;

$Q_{ОСВ}$ – кількість тепла, котра виділяється системами освітлення;

$Q_{ОБЛ}$ – кількість тепла, яка виділяється електричним обладнанням, яке використовується в приміщенні;

$Q_{РАД}$ – кількість тепла, яка надходить за рахунок сонячної радіації через світлові проміжки;

$Q_{ЗОК}$ – кількість тепла, котре надходить до приміщень через зовнішні огороджувальні конструкції.

Кількість теплонадходжень в приміщення від людей визначимо за формулою

$$Q_{Л} = n \cdot q_{л}, \quad (3.15)$$

де $n = 3$ – кількість людей, котрі перебувають в приміщенні;

$q_{л}$ – виділення тепла однією людиною, яке згідно із [11] приймаємо для приміщення панелей ЗПК $q_{л} = 204$ Вт, для кабінету чергового $q_{л} = 151$ Вт.

Підставляючи значення $q_{л}$ та n у формулу (3.15), отримаємо:

для приміщення панелей: $Q_Л = 3 \cdot 204 = 612$ Вт;

для кабінету: $Q_Л = 3 \cdot 151 = 453$ Вт.

Кількість тепла, котра виділяється системами освітлення розраховується за формулою [43, 44]:

$$Q_{ОСВ} = \eta \cdot N \cdot P, \tag{3.16}$$

де η – коефіцієнт втрат електричної потужності світлових приладів на нагрівання (приймемо для світлодіодних світильників $\eta = 0,75$ [45]);

N – кількість світлових приладів в приміщенні (для приміщення панелей ЗПК $N = 21$, для кабінету чергового $N = 4$);

P – потужність одного світлового приладу (для приміщення панелей ЗПК $P = 13$ Вт, для кабінету чергового $P = 20$ Вт);

Підставляючи значення η, N, P у формулу (3.16), отримаємо:

для приміщення панелей: $Q_{ОСВ} = 0,75 \cdot 21 \cdot 13 = 205$ Вт;

для кабінету: $Q_{ОСВ} = 0,75 \cdot 4 \cdot 20 = 60$ Вт.

Кількість тепла, яка виділяється електричним обладнанням приймемо такою, що дорівнює:

для приміщення панелей: враховуємо, що в приміщенні використовується 31 шкаф керування [2], а кількість тепла, яке виділяється одним шкафом становть 120 Вт [46], звідси $Q_{ОБЛ} = 31 \cdot 120 = 3720$ Вт;

для кабінету: $Q_{ОБЛ} = 500$ Вт.

Надходження тепла в приміщення за рахунок сонячної радіації розрахуємо за формулою:

$$Q_{РАД} = \left(q_0 \cdot F_п + q_1 \cdot F_р\right) K_{відн}, \tag{3.17}$$

де q_0, q_1 – кількість тепла, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які відповідно опромінюються та неопромінюються сонячною радіацією;

$F_п$, $F_р$ – площа світлового прорізу, опромінена відповідно прямою та розсіяною сонячною радіацією;

$K_{відн}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації.

Кількість тепла, яка надходить до приміщення через світлові прорізи визначається за формулами:

$$q_0 = \left(q_{вп} + q_{вр}\right) \cdot K_1 \cdot K_2,\ q_1 = q_{вр} \cdot K_1 \cdot K_2, \qquad (3.18)$$

де $q_{вп}$, $q_{вр}$ – кількість тепла прямої та розсіяної сонячної радіації, яку приймаємо з таблиці 14 [22] приймаємо $q_{вп} = 101$ Вт/м^2, $q_{вр} = 55$ Вт/м^2.

$K_1 = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує затінення світлових та забруднення атмосфери;

$K_2 = 0,9$ – коефіцієнт забруднення скла.

Підставивши чисельні дані в (3.18), отримаємо:

$$q_0 = \left(101 + 55\right) \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 126,36 \text{ Вт/м}^2;$$
$$q_1 = 55 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 44,55 \text{ Вт/м}^2.$$

Підставивши $F_n = F_p = 2,16$ м^2, та значення q_0 та q_1 у формулу (3.17), та врахувавши, що $K_{відн} = 0,9$, отримаємо:

$$Q_{РАД} = \left(126,36 \cdot 2,16 + 44,55 \cdot 2,16\right) 0,9 = 322 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження через зовнішні огороджувальні конструкції розрахуємо за формулою:

$$Q_{ЗОК} = \frac{A}{R} \cdot \left(\theta_e^K + \theta_{\text{int},i}\right), \qquad (3.19)$$

де A – площа зовнішньої огороджувальної конструкції, через яку здійснюються тепло надходження;

R – термічний опір зовнішньої огороджувальної конструкції

$\theta_e^K = 30$ °С – зовнішня температура повітря

$\theta_{\text{int},i}$ – внутрішня температура повітря, яка для приміщення панелей дорівнює 18 ºС, а для кабінету чергового – 21 ºС.

Результати розрахунку теплонадходжень через зовнішні огороджувальні

конструкції представлені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 - Результати розрахунку тепло надходжень в приміщення через зовнішні огороджувальні конструкції

№ Приміщення/Найменування	Площа приміщення, A_i, $м^2$	Температура, $Θ_{int,i}$, ^oC	Позначення	Орієнтація	Довжина, а, м	Ширина (висота), b(h), м	Площа, $A_к$, $м^2$	Опір теплопередачі, $R_к$, м2*оС/Вт	Теплонадходження через огороджувальну конструкцію, Вт	Сумарні надходження , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЗПК приміщення панелей	71,16	18	ЗС	Пн	6	4,22	25,32	1,415	215	1377
			ЗС	Сх	11,86	4,22	47,89	1,415	406	
			В	Сх	1,8	1,2	2,16	0,42	62	
			ЗС	Зх	6,75	4,22	25,35	1,415	215	
			Д	Зх	1,48	2,12	3,14	0,55	68	
			ГП	-	6	11,86	71,16	2,076	411	
ЗПК приміщення чернового	11,09	21	ЗС	Сх	3,29	4,22	11,72	1,415	75	196
			В	Сх	1,8	1,2	2,16	0,42	46	
			ЗС	Пд	2,79	4,22	11,77	1,415	75	

Підставивши чисельні значення $Q_Л$, $Q_{ОСВ}$, $Q_{ОБЛ}$, $Q_{РАД}$, $Q_{ЗОК}$ в формулу (3.14), отримаємо:

загальні тепло надходження для приміщення панелей:

$$Q_{ЗАГ} = 612 + 205 + 3720 + 322 + 1377 = 6236 \text{ Вт};$$

загальні тепло надходження для кабінету чергового:

$$Q_{ЗАГ} = 453 + 60 + 500 + 322 + 196 = 1531 \text{ Вт}.$$

З таблиці 2.10 для кондиціонування приміщень панелей виберемо два кондиціонери, а для кабінету чергового – один кондиціонер типу GWH09KF-K3DNA5G споживаною потужністю 0,87 Вт і теплопродуктивністю в режимі охолодження 0,45 – 3,23 кВт, що відповідає умові (3.13).

3.4. Електротехнічний розрахунок мережі живлення систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції

З метою проведення електротехнічного розрахунку розіб'ємо споживачів в приміщеннях будівель ЗРП 0,6 кВ та ЗПК на групи

Струми навантаження I_p груп споживачів розрахуємо за формулою [15]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos\varphi}, \tag{3.20}$$

де P_p – розрахункове навантаження, кВт;

U_ϕ – напруга, В;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт активної потужності навантаження.

Врахувавши, що напруга мережі становить $U_\phi = 220$ В, а коефіцієнти активної потужності для освітлювальних приладів 0,95, а для приладів опалення та кондиціонування прийняли таким, що $\cos\varphi = 0{,}9$, отримали значення струмів навантаження для кожної групи споживачів. На основі отриманих струмів вибрано перерізи кабелів на основі даних та тип апаратів захисту. Результати розрахунків наведено в табл. 3.12, 3.13.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунків мережі живлення електроспоживачів приміщень будівлі ЗРП 0,6 кВ

№ групи	Призначення	Розрахункове навантаження, кВт	I_p, А	Тип провода	Тип апарату захисту
1	Освітлення приміщення 1 (центральна частина)	0,075	0,359	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
2	Освітлення приміщення 1 (кабельні вводи)	0,06	0,287	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А

Продовження таблиці 3.10

№ групи	Призначення	Розрахункове навантаження, кВт	I_p, А	Тип провода	Тип апарату захисту
3	Освітлення приміщення 2 (центральна частина)	0,075	0,359	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
4	Освітлення приміщення 2 (кабельні вводи)	0,060	0,287	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
5	Освітлення аварійне	0,012	0,057	FLAME-X 950 3×1,5	ВА-2017 1р 1А
6	Освітлення вуличне	0,016	0,077	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
7	Ремонтне освітлення	0,500	2,392	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 2А
8	Опалення приміщення 1	6,000	30,303	ВВГнг 3×4	ВА-2017 1р 32А
9	Опалення приміщення 2	6,000	30,303	ВВГнг 3×4	ВА-2017 1р 32А

Таблиця 3.11 – Результати розрахунків мережі живлення електроспоживачів приміщень будівлі ЗПК

№ групи	Призначення	Розрахункове навантаження, кВт	I_p, А	Тип провода	Тип апарату захисту
1	Освітлення приміщення панелей	0,273	1,306	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 2А
2	Освітлення кабінету чергового	0,080	0,383	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
3	Освітлення коридору та санвузла	0,045	0,215	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 1А
4	Освітлення аварійне	0,018	0,086	FLAME-X 950 3×1,5	ВА-2017 1р 1А
5	Розетки в кабінеті чергового	0,480	2,297	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 3А

Продовження таблиці 3.11

№ групи	Призначення	Розрахункове навантаження, кВт	I_p, А	Тип провода	Тип апарату захисту
6	Розетки в приміщенні панелей	0,480	2,297	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 3А
7	Ремонтне освітлення	0,500	2,392	ПВСнг 3×0,75	ВА-2017 1р 3А
8	Опалення кабінету чергового	3,000	14,354	ВВГнг 3×2,5	ВА-2007 1р 20А
9	Опалення приміщення панелей	6,000	28,708	ВВГнг 3×4,0	ВА-2017 1р 32А
10	Кондиціонування кабінету чергового	0,870	4,163	ВВГнг 3×1,5	ВА-2017 1р 6А
11	Кондиціонування приміщень панелей	1,740	8,325	ВВГнг 3×1,5	ВА-2017 1р 10А
12	Освітлення вуличне	0,024	0,115	ПВСнг нг3×0,75	ВА-2017 1р 1А

Сумарна встановлена потужність споживачів будівлі ЗРП 06, кВ становить 12,798 кВт, а споживачів будівлі ЗПК – 13,510 кВт. Вибір перерізу кабелів загального живлення кожної із будівель та автоматів захисту здійснимо на основі результатів розрахунку струмів навантаження за формулою:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}, \tag{3.21}$$

де $U = 380\,\text{В}$ – лінійна напруга.

Підставивши значення напруги та потужностей у формулу (3.21), отримаємо:

для ЗРП 0,6 кВ:

$$I_p = \frac{12,798 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 21,605\ A,$$

для ЗПК:

$$I_p = \frac{13,510 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 22,807\ A,$$

Для загального живлення кожної з будівель використаємо кабель типу ВВГнг 5×4,0.

В якості апаратів вводу виберемо автоматичний вимикач ВА-2007 ВРН 3р 32А.

Розрахуємо максимальну кількість групи світлових приладів типу ДСП13 потужністю 13 Вт, які можна підключати до одного автоматичного вимакача з струмочасовою характеристикою С.

Врахувавши, що пусковий струм світильника становить 45 з тривалістю 210 мс, коефіцієнт нерозчеплення дорівнює 16,2, а коефіцієнт кривої спрацьовування автоматичного вимикача з характеристикою С становить 5 а струм струмової уставки автоматичного вимикача дорівнює 6 А. Підставивши ці значення в нерівність (2.2), отримаємо

$$N_{\max} = \frac{16,2 \cdot 5 \cdot 6}{45} = 10.$$

Як видно із розрахунку підключення двадцяти одного світильника типу ДСП 65В до електричної мережі через автоматичний вимикач ВА-2017 1р 2А буде викликати його хибне спрацьовування. Тому для захисту групи освітлювальних приладів приміщення панелей остаточно вибираємо автоматичний вимикач типу ВА-2006 1р 3А 6кА D.

3.5. Висновки до розділу

1. На підставі світлотехнічного розрахунку та моделювання освітлювальної установки в пакеті DIALux визначено кількість світлових приладів для забезпечення необхідних рівнів освітленості в приміщеннях будівель підстанції. Встановлено, що для системи робочого освітлення приміщень ЗРП 0,6 кВ необхідно 6 світильників ДСП65В-25-202 У2, та 8 світиольників типу ДПП05В-15-121 УХЛ4.1. Нормовані значення освітленості

та рівномірності освітлення в приміщеннях будівлі ЗПК можуть бути забезпечені світильниками ДСП11-13-411 21, ДПП07В-20-323 УХЛ4 4 та ДПП05В-15-121 УХЛ4.1, в кількостях 21, 4 та 3 шт. відповідно. Сумарна потужність систем освітлення становить: робочого – 0,668 кВт- , зовнішнього – 0,04- аварійного - 0,03 кВт, ремонтного – 1 кВт.

2. Розраховано втрати тепла через огороджувальні конструкції опалюваних приміщень будівель підстанції. В результаті розрахунку встановлено, що для забезпечення температури не нижче, ніж 15 ºС в приміщеннях будівлі ЗРП0,6 кВ та в приміщенні панелей теплова потужність систем опалення повинна становити не менше 10,318 кВт та 5,630 кВт відповідно. Внутрішню температуру 20 ºС можна забезпечити при застосуванні опалення з тепловою потужністю 2,453 кВт.

3. На підставі результатів розрахунку здійснено вибір потужності опалювальних приладів, в якості яких вибрано конвектори електричні серії ALTIS ECOBOOST 2 потужністю 1,5 кВт. Загальна потужність систем опалення становить 21,0 кВт.

4. Для приміщення панелей та кабінету чергового будівлі ЗПК проведено розрахунок надходжень тепла. В результаті розрахунку встановлено, що для забезпечення температури приміщення панелей та кабінету чергового в літній період на рівні, не вище відповідно 18 та 21 ºС необхідним є використання кондиціонерів з теплопродуктивністю в режимі охолодження не нижчою, ніж 6,236 та 1,531 кВт відповідно. В результаті чого для створення необхідного мікроклімату в приміщенні панелей та кабінеті чергового вибрано кондиціонери теплопродуктивністю в режимі охолодження 0,45 – 3,23 кВт іпотужністю 0,87 кВт в кількості 2 і 1 шт. відповідно.

5. Для груп споживачів електричної енергії приміщень ЗРП 0,6 кВ та ЗПК з сумарною розрахунковою потужністю 12,798 та 13,510 кВт відповідно розраховано робочі струми мережі живлення на основі яких вибрано перерізи проводів та апарати захисту.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз факторів небезпеки, які можуть виникати при експлуатації підстанції

При роботі на енергооб'єкті персонал може зазнати впливу шкідливих виробничих факторів. Джерелами потенційної небезпеки для здоров'я людей є:

– електромагнітне та електричне поле;

– хімічні речовини;

– параметри мікроклімату;

– виробничий шум.

Електромагнітні поля (ЕМП) – це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини. Найбільший вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять електрику до усіх квартир та інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори.

Токсичні хімічні речовини – це речовини, які викликають отруєння усього організму людини або впливають на окремі системи людського організму (наприклад, на кровотворення, центральну нервову систему). Ці речовини можуть викликати патологічні зміни певних органів, наприклад,

нирок, печінки. До таких речовин належать такі сполуки, як чадний газ, селітра, концентровані розчини кислот чи лугів тощо.

За фізіологічним впливом на організм людини всі шкідливі речовини поділяються на такі групи: подразнюючі – уражають шляхи дихання, очі, шкіру, слизові оболонки; задушливі – викликають токсичний набряк легень та дихальних шляхів; наркотичні – спричиняють наркотичний вплив і впливають на центральну нервову систему; канцерогенні речовини – що впливають, як правило, на виникнення злоякісних новоутворень.

Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем. Джерелами теплоти повітря у виробничих приміщеннях є: технологічне устаткування, яке має високі температури нагріву (плавильні, сушильні печі, котли, паропроводи та ін.); нагріті до високих температур деталі й розплавлені матеріали, наприклад метал, скло; теплова енергія, яка виділяється рухомими механізмами.

Відомо, що надлишкова вологість повітря негативно впливає на механізм терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70 – 75 % за температури 30 °С і більше. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму, що спричинить простудне захворювання. Згідно з результатами досліджень людина є працездатною і нормально себе почуває, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 °С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с. Висока температура послаблює організм, викликає млявість, а низька – сковує рухи, що при обслуговуванні машин спричиняє підвищену небезпеку травмування. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та тепловий

тепловий удар, який може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням.

Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум з інтенсивністю 75 – 85 дБ. У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.Крім того шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушується слуг, до 120 дБ – виникає нестерпнийфізичнийбіль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10 – 15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Окрема група факторів, що впливає на здоров'я персоналу є важкість праці (навантаження на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу – інтелектуальне, емоційне навантаження, ступінь його монотонності).

4.2. Заходи з охорони праці та техніки безпеки, спрямовані на мінімізацію наслідків дії несприятливих факторів

При проектуванні реконструкції чи будівництва об'єктів електроенергетики технічні рішення, що передбачаються в проектах, повинні

відповідати вимогам екологічних, санітарно–гігієнічних, протипожежних та інших норм, що діють на території України та забезпечують безпечну для життя і здоров'я людей експлуатацію об'єктів будівництва.

Улаштування, експлуатація і ремонт устаткування, будівель і споруд енергооб'єктів повинні відповідати вимогам нормативних актів з охорони праці. Заходи з охорони праці та техніки безпеки, котрі передбачаються в проектах повинні відповідати:

1. НПАОП40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

2. ГКД 34.20.507 – 2003 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила».

3. ПУЕ-2016.

4. НАПБ А.01.001-2014 Правил пожежної безпеки в Україні.

5. Закону України про охорону праці.

6. НПАОП 40.1-1.07-01, Правила експлуатації електрозахисних засобів.

Електроустановки з напругою 220 кВ і нижче, що відповідають вимогам ПУЕ, забезпечують дотримання нормативних значень напруженості електричного поля і ніякого спеціального захисту для працюючого персоналу від дії електричного поля не вимагається. Згідно з діючими санітарними нормами допускається проходження через тіло людини невідчутного струму не більше 4,5 мА.

Для забезпечення безпеки персоналу, що здійснює ремонт, технічне і оперативне обслуговування підстанції, для створення нормальних умов праці при проведенні робіт повинні передбачатись наступні заходи:

-необхідні ізоляційні відстані між струмоведучими частинами і окремими приєднаннями;

- технологічні проходи і проїзди;

- захист від коротких замикань і перенапруг;

- захисне заземлення;

- система контролю і автоматики режимів робіт;

- робоче, ремонтне, охоронне та аварійне освітлення;

- вентиляція та кондиціонування прміщень;

- система електромагнітних і механічних блокувань, що не допускають помилкових дій персоналу при оперативних перемиканнях.

На енергооб’єктах, відповідно до нормативних актів, повинно бути організоване лікувально-профілактичне обслуговування персоналу, котре полягає у:

–первинному, при постутупленні на роботу, і періодичному медичних і профілактичних наркологічних оглядів працівників певних категорій;

–професійному відбірі для визначення анатомо–фізіологічної і психофізіологічної придатності до безпечного виконання робіт (окремих видів і операцій);

– передрейсові медичні огляди водіїв транспортних засобів;

–лікувально-профілактичне харчування і санітарно-побутове обслуговування.

4.3. Причини можливих аварій та організаційно-технічні заходи, які направлені на забезпечення безпечної експлуатації об’єкта

Аварії на трансформаторних підстанціях можуть відбутися внаслідок несподіваних зовнішніх порушень устаткування від можливих перенапружень і дій електричної дуги, відмов в роботі пристроїв релейного захисту, автоматики, апаратів вторинної комутації, помилкових дій персоналу.

Причинами несподіваних порушень роботи устаткування може бути неякісний монтаж чи ремонт устаткування, незадовільна його експлуатація, заводські дефекти устаткування, природне старіння ізоляції, вандальні дії населення. Причинами порушень можуть бути також грозові і комутаційні еренапруження.

Всі аварійні ситуації, порушення в роботі устаткування повинні ретельно розслідуватись і приймаютися заходи щодо недопущення їх повторення.

Аварії на енергетичних об’єктах – події достатньо рідкісні, але надзвичайно масштабні своїми наслідками. Вони усуваються в основному діями оперативного персоналу із залученням, при необхідності, аварійно-рятувальних формувань. На період усунення аварійної ситуації споживачі електричної енергії переводяться на постачання з резервуючих мереж енергосистеми.

Одним із основних факторів створення надзвичайних ситуацій є аварійне відключення споживачів I та II категорій. Персонал підстанції одержує необхідні сигнали про аварійну ситуацію і запобіжні заходи, які виконала автоматика. Наявність резервного устаткування дозволяє персоналу підстанції виконувати ремонтні роботи без відключення споживачів.

Існуючі та додатково передбачені проектом будівництва чи реконструкції підстанції організаційно-технічні заходи, які направлені на забезпечення безпечної експлуатації об’єкта наступні:

- забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту;
- підтримка вільними для проходу евакуаційних шляхів та виходів з приміщень;
- освітлення території підстанції, аварійне освітлення приміщень;
- резерв матеріальних засобів для ліквідації наслідків аварій;
- організація руху транспортних засобів і ремонтних механізмів по території підстанції;

Технічні рішення, які направлені на попередження виникнення та розвитку аварії і ліквідацію скидів:

- забезпечення обґрунтованих відстаней між окремими спорудами з метою зменшення впливу вражаючих факторів при можливих аваріях;
- використання швидкодіючих основних та резервних захистів обладнання;
- використання пристроїв протиаварійної автоматики;
- встановлення пристроїв автоматичного обмеження підвищення напруги;

- організація системи протипожежних заходів і пожежогасіння на території підстанції.

Технічні заходи із захисту устаткування від попадання атмосферних розрядів сприяють одночасно і захисту персоналу від дії небезпечних природних та техногенних явищ. Територія підстанції, її будівлі і споруди повинні захищатись від прямих ударів блискавки системою блискавкозахисту згідно з ДСТУ Б В.2.5.-2,5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом мають бути передбачені захисні заходи та система захисного заземлення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу технічної документації робочого проекту «Реконструкція ПС 150/35/6 кВ «Ліски» встановлено основні вимоги щодо проектування систем освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції, що вказало на подальший напрямок роботи.

2. Наведено кліматичні особливості території розміщення підстанції та вибрано характеристики для розрахунку систем опалення та вентиляції приміщень будівель підстанції. На основі аналізу технічних характеристик здійснено вибір приладів для використання в системах опалення та кондиціонування приміщень будівель підстанції.

3. Отримано вихідні дані на проектування систем освітлення приміщень підстанції, а саме здійснено вибір систем освітлення та нормованої освітленості приміщень. На основі порівняння характеристик різних типів джерел світла для освітлення приміщень було вибрано напівпровідникові джерела світла. Це дозволило здійснити вибір світлових приладів на основі світло діодів.

4. На основі розрахунку отримано теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних приміщень. Здійснено вибір приладів для опалення та кондиціонування.

5. Вибрано електрообладнання систем живлення освітлення, опалення та кондиціонування приміщень підстанції. В якості провідникових матеріалів вибрано трижильні та п’ятижильні кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією типу ВВГнг, ПВСнг та FLAME-X 950.

6. Проведено вибір комутуючих пристроїв та апаратів захисту, в якості котрих вибрано однополюсні та триполюсні автоматичні вимикачі.

7. На підставі світлотехнічного розрахунку та моделювання освітлювальної установки в пакеті DIALux визначено кількість світлових приладів для забезпечення необхідних рівнів освітленості в приміщеннях будівель підстанції. Встановлено, що для системи робочого освітлення приміщень ЗРП 0,6 кВ необхідно 6 світильників ДСП65В-25-202 У2, та 8

світиольників типу ДПП05В-15-121 УХЛ4.1. Нормовані значення освітленості та рівномірності освітлення в приміщеннях будівлі ЗПК можуть бути забезпечені світильниками ДСП11-13-411 21, ДПП07В-20-323 УХЛ4 4 та ДПП05В-15-121 УХЛ4.1, в кількостях 21, 4 та 3 шт. відповідно. Сумарна потужність систем освітлення становить: робочого – 0,668 кВт- , зовнішнього – 0,04- аварійного - 0,03 кВт, ремонтного – 1 кВт.

8. Розраховано втрати тепла через огороджувальні конструкції опалюваних приміщень будівель підстанції. В результаті розрахунку встановлено, що для забезпечення температури не нижче, ніж 15 ºС в приміщеннях будівлі ЗРП0,6 кВ та в приміщенні панелей теплова потужність систем опалення повинна становити не менше 10,318 кВт та 5,630 кВт відповідно. Внутрішню температуру 20 ºС можна забезпечити при застосуванні опалення з тепловою потужністю 2,453 кВт. На підставі результатів розрахунку здійснено вибір потужності опалювальних приладів, в якості яких вибрано конвектори електричні серії ALTIS ECOBOOST 2 потужністю 1,5 кВт. Загальна потужність систем опалення становить 21,0 кВт.

9. Для приміщення панелей та кабінету чергового будівлі ЗПК проведено розрахунок надходжень тепла. В результаті розрахунку встановлено, що для забезпечення температури приміщення панелей та кабінету чергового в літній період на рівні, не вище відповідно 18 та 21 ºС необхідним є використання кондиціонерів з теплопродуктивністю в режимі охолодження не нижчою, ніж 6,236 та 1,531 кВт відповідно. В результаті чого для створення необхідного мікроклімату в приміщенні панелей та кабінеті чергового вибрано кондиціонери теплопродуктивністю в режимі охолодження 0,45 – 3,23 кВт іпотужністю 0,87 кВт в кількості 2 і 1 шт. відповідно.

10. Для груп споживачів електричної енергії приміщень ЗРП 0,6 кВ та ЗПК з сумарною розрахунковою потужністю 12,798 та 13,510 кВт відповідно розраховано робочі струми мережі живлення на основі яких вибрано перерізи проводів та апарати захисту.

11. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних

ситуаціях, реалізація котрих дозволить мінімізувати наслідки дії несприятливих факторів та забезпечити безпечну експлуатацію підстанції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ЗАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ філії м. Миколєва Центрального округу АТ "МИКОЛАЇВОБЛЕНЕРГО" станом на 07.10.2020р. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 01 грудня]. Режим доступу: https://www.energy.mk.ua/fm/data/trSubstations/filnik.pdf.

2. ЕКЕУ.018-13.ПЗ. Реконструкція ПС 150/35/6 кВ «Ліски». Робочий проект. Том 1. Пояснювальна записка – ТОВ «Екніс-Інжиніринг» - К: 2018.

3. Светильник ЛСП3907 ЭПРА 1х18Вт IP65 ИЭК [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 01 грудня]. Режим доступу: https://iek.lighting/catalog/10_04_promyshlennoe_osveshchenie/10_04_02_svetilniki_pylevlagozashchishchennye_lsp/10_04_02_01_svetilniki_lsp_epra/svetilnik_lsp3907_epra_1kh18vt_ip65_iek.html

4. Светильник ИЭК ЛБА3924А 20Вт G13 Электрические конвекторы Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 02 грудня]. Режим доступу: https://220volt.com.ua/svetil-nik-iek-lba3924a-20vt-g13.

5. Электрические конвекторы [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 02 грудня]. Режим доступу. https://www.ensto.com/ru/products/heating-systems/panel-heaters/

6. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.

7. Свистунов В. М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: Учебник для вузов*— 2-е изд. / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков— СПб.: Политехника, 2007. — 423 с: ил.

8. Геотермальные тепловые насосы [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 02 грудня]. Режим доступу. https://ese-dp.com.ua/geotermalnye-teplovye-nasosy.

9. Попов С.В. Експериментальне дослідження джерел опалення житлової кімнати багатоповерхового будинку / С.В. Попов, А. В. Васильєв, Є. А.

Васильєв // Scientific Journal «ScienceRise». – 2017. - №1/2(30). – С. 20 – 26.

10. Молька В. И.Три «Э» в отоплении промышленных зданий / В.И. Молька. – Київ. – 2012. – 127 с.

11. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

12. ПУЕ: 2017. Правила улаштування електроустановок.

13. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення

14. Кнорринг Г. М. Осветительные установки. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. Отд-ние, 1981. – 2888 с., ил.

15. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". / Г.А. Тищенко – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.; ил.

16. Крайнов І.П. Управління екологічною безпекою в сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання / І.П. Крайнов, В.М. Крилюк, Є.П. Шаго, В.С. Бахарєв // Екологічна безпека. – 2012. – № 1(13). – С. 13-18.

17. КАТАЛОГ LED ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ 2020, КОРПОРАЦІЯ ВАТРА. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 29 листопада]. Режим доступу: http://vatra.ua/download/VATRA-2020-UKR_MAX-LED-catalog_(lighting).pdf

18. Любарець О.П. Проектування систем водяного опалення (посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ). Переклад російського видання, перероблене та доповнене. / О.П. Любарець, О.М. Зайцев, В.О. Любарець – Відень - Київ – Сімферополь, 2010 – 200 с.

19. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76 с.

20. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод

визначення проектного теплового навантаження.

21. СНиП 2.04.05-91 *. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 1997. — 72 с.

22. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 131 с

23. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень – К.: МОЗ України. *Голов.державн.санітарний лікар, 1999.*

24. ДБН В.2.6-31: 2006. «Теплова ізоляція будівель»

25. 2ПСО-1. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 30 листопада]. Режим доступу: https://www.complexs.ru/jbi/view/pid/276761

26. ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОР ALTIS ECO BOOST 2 CHG-BD1 1500W. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 30 листопада]. Режим доступу: https://www.atlanticgeyser.com.ua/ru/item/altis-eco-boost-2-chg-bd1-1500w

27. Кондиціонери Gree Change PRO [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 03 грудня]. Режим доступу: https://www.atlanticgeyser.com.ua/ru/item/altis-eco-boost-2-chg-bd1-1500whttps://gree.com.ua/ua/catalog/bytovye-konditsionery/nastennye-split-sistemy-s-invertorom/seriya-change-pro/.

28. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання обєктів цивільног7о призначення

29. ДСТУ 4809:2007. Ізольвані проводи і кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування

30. НАПБ В.01.034-2005/111 Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України

31. Автоматический выключатель Аско УкрЕМ ВА-2017 1р. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 04 грудня]. Режим доступу: https://220volt.com.ua/avtomaticheskij-viklyuchatel-asko-ukrem-va-2017-1r-10a/

32. Автоматичний вимикач УКРЕМ ВА-2017/D 1р 1А АСКО. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 03 грудня]. Режим доступу: https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/avtomatichni_vimikachi_serii_ukrem_va_2017/18769/

33. ВИМИКАЧІ-РОЗ'ЄДНУВАЧІ серії УКРЕМ ВА-2007-ВРН [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 04 грудня]. Режим доступу: https://www.acko.ua/upload/uf/d43/ТехПаспорт%20Вимикачі%20навантаження%20ВА-2007.pdf

34. SFT340 [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 04 грудня]. Режим доступу: https://www.hager.ua/produkciya/rozpodil-elektroenergi/modulni-aparati/komutacijni-ta-signalni-aparati/grupovi-peremikachi/sft340/15385.htm

35. Пионкевич В.А. Анализ эффективности применения комплекса DIALux для расчета освещенности производственных помещений // Вестник иркутского государственного технического университета – 2017 – Т. 21 –№ 11 – С. 114-122.

36. Перетятко П.О. Світлотехнічний розрахунок системи аварійного освітлення // П.О. Перетятко, Є.В. Михалець, Р.В. Маїло, Я.М. Осадца. – Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25 – 26 листоп. 2020.). Том II / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 125.

37. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.

38. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76 c.

39. Проценко С.Б. Розрахунок проектного теплового навантаження систем опалення будівель за Європейською та вітчизняною методиками. / С.Б. Проценко, О.С. Новицька, В.П. Ковальчук // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017. – Вип. № 69. – С. 133-139.

40. Проценко С.Б. Порівняльний аналіз розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель за європейською та вітчизняною методиками (на прикладі житлового будинку в м. Рівне) / С.Б. Проценко, О.С. Новицька, В.П. Ковальчук // Вісник НУ «Львівська політехніка». Зб. наук. праць. – Вип. 844. Серія: Теорія і практика будівництва.

– Львів, В-во Львівської політехніки, 2016. – С. 169-179.

41. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем опалення» курсового та дипломного проектування для студентів спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.

42. Проценко С.Б. Порівняння результатів розрахунку тепловтрат через огородження, що прилягає до грунту, за європейською та вітчизняною методиками / С.Б. Проценко, О.С. Новицька, В.П. Ковальчук // Студентський вісник НУВГП. – Вип. 1 (7). – Рівне, НУВГП, 2017. – С. 10-13.

43. Методичні вказівки до практичної роботи «Нормалізація теплового режиму в адміністративних приміщеннях» з дисципліни “Охорона праці в галузі” для студентів всіх форм навчання/ Укл. О.Л. Скуйбіда:– Запоріжжя: ЗНТУ, 2013.– 18 с.

44. Методичні рекомендації до практичних занять і самостійної роботи “Нормалізація параметрів мікроклімату у виробничих примішеннях” з дисциплін «Основи охорони праці» і «Промислова вентиляція та кондиціонування повітря» для студентів усіх спеціальностей /Уклад.: С.О. Алексеєнко, О.А. Муха, С.І. Чеберячко, Г.П.Кривцун. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2013. – 30 с.

45. Переход световой энергии светодиодов в тепловую энергию [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 06 грудня]. Режим доступу: https://1000eletric.com/perehod-svetovoy-energii-svetodiodov-v-teplovuyu-energiyu.

46. Проектирование электроснабжения объектов горно-обогатительных предприятий - Тепловыделения в электротехнических помещениях [Цит. 2020, 06 грудня]. Режим доступу: https://forca.ru/knigi/arhivy/proektirovanie-elektrosnabzheniya-obektov-gorno-obogatitelnyh-predpriyatiy-10.html