

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Аналіз системи електропостачання Вінницького національного
технічного університету з оцінкою ефективності систем внутрішнього та
зовнішнього освітлення за допомогою САПР Dialux

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-18м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма підготовки
«Електротехнічні системи електроспоживання»

Кобильченко В.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М.Й. Бурбело

«___» _____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кобильченко Володимиру Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз системи електропостачання Вінницького національного технічного університету з оцінкою ефективності систем внутрішнього та зовнішнього освітлення за допомогою САПР Dialux

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «2» жовтня 2019 року №254

2. Термін подання студентом роботи «3» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан ВНТУ; план ФЕЕЕМ з необхідним технологічним плануванням, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження; відомості про джерела живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика ВНТУ. Синтез системи електропостачання та її моделювання. Застосування сучасних технологій САПР в світлотехнічних. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Застосування програмного комплексу «DIALux 4.13» для розрахунку освітлення Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання ВНТУ. Схема управління освітленням коридорів. Крива сили світла та розподіл освітленості у

лекційному залі. План розташування світильників та розподіл ізоляцій по поверхням у лекційному залі. Крива сили світла та варіанти освітленості стадіону. Градація сірого та розподіл освітленості на стадіоні.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Кравець О.М., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.п.н., професор, зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика ВНТУ		
2	Аналіз і синтез СЕП		
3	Синтез електричних мереж		
4	Розрахунки зовнішнього та внутрішнього освітлення		
5	Економічна частина		
6	Охорона праці		
7	Графічна частина		

Студент _____ Кобильченко В.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кравець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація.....	7
Аннотація.....	8
Вступ.....	9
1 Загальні відомості про ВНТУ	11
1.1 Короткий опис технологічного процесу	11
1.2 Відомості про електричні навантаження	13
1.3 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	16
2 Синтез системи електропостачання та її моделювання	18
2.1. Розрахунок електропостачання ВНТУ.....	18
2.2 Вибір і розміщення ТП навчальних корпусів.....	21
2.3 Вибір схеми та основних елементів університетської електричної мережі	28
3 Застосування сучасних технологій САПР в світлотехнічних розрахунках	33
3.1 Світлотехнічний розрахунок. Програми світлотехнічного розрахунку. Алгоритм роботи в програмах.....	33
3.2 Огляд сучасних систем керування освітлення	42
3.2.1 Управління освітленням за допомогою програмованих контролерів.....	42
3.2.2 Управління системою освітлення за допомогою IP-камер.....	44
3.3 Розрахунок освітлення з використанням програмного забезпечення «DIALux 4.13»	45
3.3.1 Застосування «DIALux 4.13» для розрахунку освітленості аудиторії 4228 четвертого корпусу ВНТУ	46
3.3.2 Застосування «DIALux 4.13» для розрахунку освітленості стадіону «Олімп» ВНТУ.....	49
4 Економічна частина	53
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	53

4.1.1	Мета розрахунків та характеристика вихідних даних	53
4.1.2	Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	54
4.2	Розрахунок поточних витрат	57
4.2.1	Розрахунок потреби в робочій силі	57
4.2.2	Розрахунок витрат по заробітній платі	60
4.2.3	Планування вартості матеріалів, що витрачаються	63
4.2.4	Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	67
4.3	Розрахунок собівартості електроенергії	68
4.3.1	Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	68
4.3.2	Розрахунок собівартості електроенергії	72
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	74
5.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	75
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	76
5.2.1	Мікроклімат	76
5.2.2	Склад повітря робочої зони	77
5.2.3	Освітлення робочої зони	78
5.2.4	Виробничий шум	80
5.2.5	Вібрація	81
5.3	Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання в умовах дії загрозливих чинників НС.	82
5.3.1	Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання ВНТУ в умовах дії іонізуючого випромінювання	83
5.3.2	Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання ВНТУ в умовах дії електромагнітного імпульсу	85
5.3.3	Розробка заходів по підвищенню стійкості СЕП	86
	ВИСНОВКИ	88
	ЛІТЕРАТУРА	90
	ДОДАТКИ	94
	Додаток А Технічне завдання	95

Додаток Б Генплан підприємства.....	98
Додаток В Однолінійна схема електропостачання	99
Додаток Г Схема управління освітленням коридорів	100
Додаток Д Крива сили світла та розподіл освітленості у лекційному залі...	101
Додаток Е План розташування світильників та розподіл ізоляцій по поверхням у лекційному залі.....	102
Додаток Є Крива сили світла та варіанти освітленості стадіону	103
Додаток Ж Градація сірого та розподіл освітленості на стадіоні	104

Анотація

Кобильченко Володимир Григорович. Аналіз системи електропостачання Вінницького національного технічного університету з оцінкою ефективності систем внутрішнього та зовнішнього освітлення за допомогою САПР Dialux. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2019 – 101 с.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена аналізу системи електропостачання Вінницького національного технічного університету. Розроблені основні питання електропостачання споживачів факультету електроенергетики та електромеханіки, серед яких розрахунок електричних навантажень, вибір центру електричних навантажень, перерізів та марки живлячих ліній, комутаційно-захисної апаратури та ін.

Також проведені дослідження облаштування внутрішнього освітлення лекційного залу сучасними LED світильниками, надані рекомендації по їх автоматичному регулюванню. Розроблено зовнішнє освітлення стадіону ВНТУ з використанням сучасного програмного комплексу Dialux.

Проведені розрахунки економічного характеру та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Рисунків – 20

Таблиць – 24

Бібліографій – 43

Аннотация

Кобыльченко Владимир Григорьевич. Анализ системы электроснабжения Винницкого национального технического университета с оценкой эффективности систем внутреннего и внешнего освещения с помощью САПР Dialux. Специальность 141 – Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2019 – 101 с.

Магистерская квалификационная работа посвящена анализу системы электроснабжения Винницкого национального технического университета. Разработаны основные вопросы электроснабжения потребителей факультета электроэнергетики и электромеханики, среди которых расчет электрических нагрузок, выбор центра электрических нагрузок, сечений и марок питающих линий, коммутационно-защитной аппаратуры и т.д.

Также проведены исследования обустройства внутреннего освещения лекционного зала современными LED-светильниками, даны рекомендации по их автоматическому регулированию. Разработано внешнее освещение стадиона ВНТУ с использованием современного программного комплекса Dialux.

Проведены расчеты экономического характера и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Рисунков – 20

Таблиц – 24

Библиографий – 43

ВСТУП

Актуальність теми. Оптимальне функціонування системи електропостачання в значній мірі залежить від правильного аналізу та синтезу системи електропостачання підприємства. У зв'язку з цим, основну увагу потрібно приділяти раціональному вибору систем живлення електрообладнання, підвищення надійності електропостачання, поліпшення використання існуючих мереж, зниження втрат активної енергії, уніфікація та індустріалізація експлуатації і монтажу об'єкту. [1].

Актуальність роботи обумовлюється і тим фактором, що за останні роки з'явилося нове електротехнічне устаткування, яке є більш надійним та технологічним і повинно бути використано при проектуванні сучасних систем електропостачання, а особливо при удосконаленні існуючих, що виплило із аналізу системи електропостачання ВНТУ.

Перераховане вище дає можливість значно підвищити надійність електропостачання, покращити захист електричних мереж від аварійних режимів.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення якості та надійності електропостачання ВНТУ на базі аналізу існуючої системи електропостачання з використанням діючих методик розрахунку та використанням сучасного електротехнічного обладнання. Виконати оцінку зовнішнього і внутрішнього освітлення з використанням сучасних джерел світла.

Основними задачами є:

аналіз та синтез системи електропостачання ВНТУ з дотриманням всіх сучасних вимог;

використання сучасного електротехнічного обладнання провідних виробників України та Європи;

синтезувати системи освітлення лекційного залу та стадіону «Олімп».

Об'єкт дослідження – процес синтезу системи електропостачання ВНТУ.

Предмет дослідження – підвищення експлуатаційної якості, надійності і економічності системи електропостачання.

Методи досліджень. Під час роботи над магістерською кваліфікаційною роботою використовувалися методи досліджень, які базувалися на теорії електротехніки та методиках розрахунків, рекомендованих в ДБН.

Наукова новизна. Дістали подальшого розвитку проектні рішення по організації надійної і економічної роботи системи електропостачання ВНТУ, в основу яких покладений аналіз існуючої СЕП і застосування програмного комплексу Dialux, що дозволило створити більш ефективну систему електропостачання.

Практична цінність. Проведений аналіз системи електропостачання і перехід на використання сучасного електротехнічного і освітлювального обладнання дозволив створити надійну та економічну систему електропостачання.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВНТУ

1.1 Короткий опис технологічного процесу

Основні етапи технологічного процесу:

1. Навчання та підготовка майбутніх спеціалістів.
2. Науково-дослідна робота.
3. Навчально-виробнича діяльність.
4. Видання, друкування, виготовлення навчальної, методичної та наукової літератури.

До складу ВНТУ входять 7 навчально-наукових факультетів та 1 навчально-науковий інститут:

Факультет комп'ютерних систем автоматички (ФКСА)

Факультет електроенергетики та електромеханіки (ФЕЕЕМ)

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (ФІТКІ)

Факультет менеджменту та інформаційної безпеки (ФМІБ)

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (ФІРЕН)

Факультет машинобудування та транспорту (ФМТ)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання (ФБТЕГП)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля (ІнЕБМД)

Нині навчається понад сім тисяч студентів за 52 спеціалізаціями. Навчально-наукову діяльність в університеті здійснюють 47 кафедр, 28 із яких мають філії на підприємствах м. Вінниці та області, 36 очолюються докторами наук, професорами, біля 84% викладачів випускаючих кафедр та 72% викладачів університету мають наукові ступені та звання; 2% викладачів кафедр мають почесні звання «Заслужений», а 10% є академіками та членами-кореспондентами державних галузевих та громадських Академій.

Студентів навчають понад півтисячі викладачів. У ВНТУ – 12 навчально-лабораторних корпусів, потужний загальноуніверситетський центр нових навчально-наукових комп'ютерних технологій, що оснащений найсучаснішими комп'ютерами, лабораторії з новітнім обладнанням, регіональний центр системи

Інтернет, до якого підключені всі підрозділи університету. Фонд науково-технічної бібліотеки університету багатогалузевий і налічує понад 800 000 одиниць друку. Щороку до бібліотеки надходить близько 11 000 примірників книг, журналів. Для якісного обслуговування читачів в залі каталогів, в читальній залі інформаційних видань, на абонементів встановлені комп'ютери, за допомогою яких читач має можливість працювати з електронним каталогом. Бібліотека обслуговує понад 10 000 читачів на 4-х абонементів та у 7-ми читальних залах.

ВНТУ створив 9 навчальних комплексів з коледжами, в рамках функціонування яких випускники цих коледжів зараховуються одразу на другий курс університету, отримуючи можливість ліквідувати за літо академічну різницю, а з 1 вересня того ж року стати студентом 3 курсу. В основному у всіх факультетах університету ведеться підготовка студентів-бакалаврів та магістрів за різними спеціальностями. На усіх кафедрах діють лабораторні стенди для підготовки та навчання студентів з даної спеціалізації. Також на території університету є майстерні з обладнанням: столярна, токарна, фрезерувальна, зварювальна, фарбувальна та будівельна група, завдяки чому у ВНТУ також виготовляються зразки науково-технічної продукції, що пропонуються до впровадження у виробництво і використання у народному господарстві.

Система матеріального та енергетичного забезпечення університету будується на взаємодії і взаємодоповнювальній участі усіх підрозділів АГЧ, допоміжного персоналу кафедр та інших підрозділів, активній участі більшості працівників та студентів у різних формах добровільної та оплачуваної роботи, залученні спонсорів тощо.

Багатопланова та багаторівнева робота з матеріального і енергетичного забезпечення університету реалізується під керівництвом ректорату через усі ланки адміністративної структури навчального закладу. Матеріальне та енергетичне забезпечення університету на сучасному етапі будується на засадах:

– раціонального використання та економії матеріальних та енергетичних ресурсів;

- максимального використання власних технологічних, трудових та фінансових ресурсів, потенціалу патріотичних громадських ініціатив;
- комплексної поетапної модернізації елементів матеріальної бази шляхом координації роботи АГЧ та підрозділів з ремонтів та реконструкції, а також оптимізації їх технологій.

1.2 Відомості про електричні навантаження

Університетський комплекс є потужним споживачем енергетичних ресурсів та важливим комунікаційним вузлом.

Електричне постачання здійснюється через 8 підстанцій 10/0,4 кВ, які живляться кабельними лініями 10 кВ від підстанції «Західна» 110/10 кВ, яка розташована на відстані 1,5 км від університету. Час використання максимального навантаження становить 2000 годин. Потужність к.з. джерела живлення зі сторони 10 кВ становить 200 МВА. ВНТУ має споживачів 1 і 2 категорій з надійності електропостачання.

Загальна встановлена потужність підстанцій 4800 кВА, середньорічне споживання електроенергії близько 2 млн. 500 тис. кВт·год. Близько 60% електроенергії споживається в студмістечку та іншими закладами побутового призначення.

Теплопостачання та постачання гарячою водою в університеті забезпечується від двох потужних виробників теплової енергії підприємств «Вінницятеплокомуненерго» та «Теплокомуненерго – Маяк», які забезпечують в цілому прийнятний рівень постачання тепла і гарячої води. В середньому за рік в університеті використовується близько 12,5 тис. ГКал. (52,345 тис.ГДж) тепла.

Водопостачання університету забезпечується від міської мережі і відповідає санітарно-технічним вимогам. На території університету збудовані колодязі для забезпечення водою в екстремальних умовах. Водопостачання практично усіх об'єктів виконано з дотриманням принципів резервування, в середньому за рік використовується близько 312,339 тис. м³ холодної води.

Каналізаційна система виконана згідно проектів забудови, відповідає діючим вимогам і забезпечує потреби експлуатації господарства університету. В цілому тепло-водо-каналізаційна система включає 107,3 км трубопроводів внутрішніх та 6,3 км зовнішніх мереж, а також 26 теплових (елеваторних) вузлів, бойлерів тощо.

Система зв'язку комбінована, базується на використанні міської мережі зв'язку та власної мережі зв'язку на базі КАТС «Квант» на 1000 номерів, яка зв'язана з міською мережею по 30 вхідних і 50 вихідних лініях. Вона доповнюється сучасними системами комунікації – електронна пошта, «Інтернет», а також системами прямого зв'язку.

Експлуатація систем електро-тепло-водо-газопостачання і зв'язку ведеться з дотриманням діючих правил і вимог з економії ресурсів, що базується на комплексному підході до вирішення цієї актуальної в умовах нестачі ресурсів і коштів, задачі.

Основою роботи з економії ресурсів є облік спожитих ресурсів на всіх об'єктах університету. Це забезпечується 45 лічильниками електричної енергії, 19 лічильниками тепла, 13 лічильниками холодної води. Це дозволяє реалізувати 100% облік спожитих ресурсів.

План ВНТУ зображено на рисунку 1.1, а відомості про електричні навантаження університету наведені в таблиці 1.1.

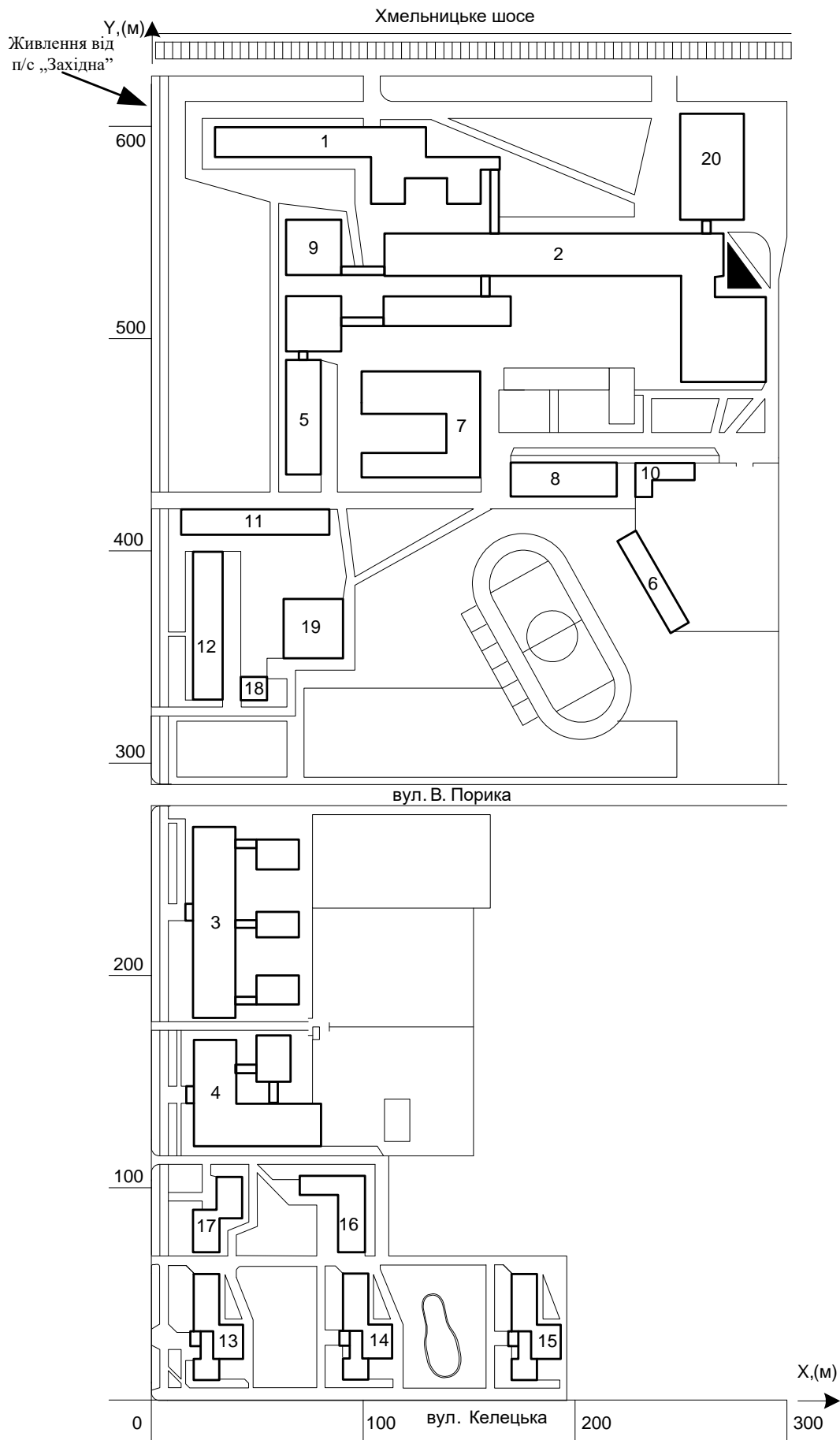


Рисунок 1.1 – Генплан Вінницького національного технічного університету

Таблиця 1.1 – Потужність та категорія надійності електропостачання корпусів

№ за планом	Назва корпусу	Рн, кВт	Категорія надійності за ПУЕ
1	Корпус №1	43	Друга
2	Корпус №2	200	Друга
3	Корпус №3 (ФБТЕГП)	86	Друга
4	Корпус №4 (ФЕЕЕМ)	95	Друга
5	Корпус №5 (ФКСА)	62	Друга
6	Корпус №6 (Каф. ФК)	36	Друга
7	Корпус №7	72	Друга
8	Корпус №8	16	Друга
9	РТФ	24	Друга
10	Котельня	17	Перша
11	Гуртожиток №1	25	Друга
12	Гуртожиток №2	112	Друга
13	Гуртожиток №3	167	Друга
14	Гуртожиток №4	123	Друга
15	Гуртожиток №5	183	Друга
16	Гуртожиток №6	59	Друга
17	Гуртожиток №7	157	Друга
18	Гуртожиток №8	13	Друга
19	Їдальня	136	Друга
20	ГУК	130	Друга

1.3 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Вхідні дані для розрахунку:

- 1) виручка від реалізації (приблизне значення обсягу реалізованої продукції або надання послуг), $V = 550\,000$ (тис.грн/рік);
- 2) середньосписочна чисельність промислово-виробничого персоналу (ПВП),

$Ч = 520$ (осіб);

3) середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби (нарахування на соціальні потреби прийняти у розмірі 38% до основної заробітної плати), $З_1 = 65\,000$ грн/рік;

4) первісна або балансова вартість основних фондів, $\Phi = 952\,000$ тис.грн;

5) нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_H = 0,1$;

б) нормований термін окупності $T_{ок.н} = 1/E_H = 10$ років.

Розрахуємо балансовий прибуток [5], тис.грн.:

$$\Pi = B - C, \quad (1.1)$$

де C – повна собівартість продукції.

Розрахуємо повну собівартість продукції, тис.грн.:

$$C = (1,38 \cdot Z_1 \cdot Ч) / (0,12 \dots 0,14); \quad (1.2)$$

$$C = (1,38 \cdot 65 \cdot 520) / 0,13 = 358\,800 \text{ тис. грн.};$$

$$\Pi = 550\,000 - 358\,800 = 191\,200 \text{ тис. грн.}$$

Тоді розрахунковий термін окупності буде дорівнювати , років:

$$T_{ок} = \Phi / \Pi; \quad (1.3)$$

$$T_{ок} = 952\,000 / 191\,200 \approx 5 \text{ (років).}$$

Виходячи з умови $T_{ок} \leq T_{ок.н}$, тобто $5 < 10$, проект є прибутковий.

2 СИНТЕЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЇЇ МОДЕЛЮВАННЯ

2.1. Розрахунок електропостачання ВНТУ

Розраховуючи електричні навантаження в системі електропостачання, виділяють три характерних рівні (рис. 2.1), які відрізняються за характером електроспоживання і, відповідно, способом розрахунку.

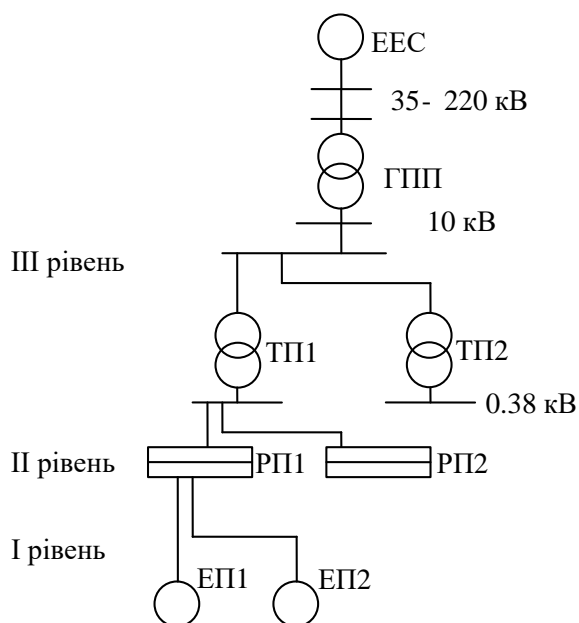


Рисунок 2.1 – Рівні електропостачання

III – шини РП, ГПП 10(6) кВ, шини 0,38 кВ ТП – загальне навантаження;

II – розподільні щити, пункти, шинопроводи;

I – окремі електроприймачі.

Розрахунок електричних навантажень виконується знизу вгору в два етапи [1]: спочатку визначаємо навантаження корпусів і університету в цілому, потім вибираємо схеми електропостачання і визначаємо розрахункові навантаження для кожної конкретної лінії електропередач.

Приклад розрахунку першого корпусу факультету машинобудування, за методом коефіцієнта попиту. Спочатку визначаємо середнє навантаження для силового обладнання корпусу:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{п}} \cdot P_{\text{н}}, \quad (2.1)$$

$$P_{\text{см}} = 0,6 \cdot 93 = 55,8 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{см}} = 55,8 \cdot 0,75 = 41,8 \text{ (квар)}.$$

В цілому розрахункова потужність електричного освітлення визначається за формулою:

$$P_{\text{м.о}} = K_{\text{п.о}} \cdot F \cdot K_{\text{пра}} \cdot P_{\text{пит}}, \quad (2.3)$$

де $K_{\text{п.о}}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;
 F – площа інституту.

$$P_{\text{мо}} = 3960 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,014 = 42,13 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова сумарна потужність корпусу ІнМТ з врахуванням освітлення

$$P_{\text{м.}} = P_{\text{см}} + P_{\text{м.о}}, \quad (2.4)$$

$$P_{\text{м.}} = 55,8 + 42,13 = 97,9 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} = 41,8 \text{ (кВАр)}.$$

Повна розрахункова потужність корпусу, кВт:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{(P_{\text{м}})^2 + (Q_{\text{м}})^2} = \sqrt{97,9^2 + 41,8^2} = 106,5 \text{ (кВА)}.$$

Аналогічно розраховуємо навантаження для інших корпусів. Дані обчислень заносимо в таблицю 2.3

Знайдемо максимальну потужність по університету, де $K_0 = 0,85$, залежить від кількості приєднань до трансформатора і K_B :

$$P_{m\Sigma} = 0,85 \cdot P_{p\Sigma}, \quad (2.5)$$

$$P_{m\Sigma} = 0,85 \cdot 2593,9 = 2204,8(\text{кВт}).$$

$$Q_{m\Sigma} = 0,85 \cdot Q_{p\Sigma}, \quad (2.6)$$

$$Q_{m\Sigma} = 0,85 \cdot 1990,9 = 1692,3(\text{кВАр}).$$

$$S_{m\Sigma} = \sqrt{P_{m\Sigma}^2 + Q_{m\Sigma}^2}, \quad (2.7)$$

$$S_{m\Sigma} = \sqrt{2204,8^2 + 1692,3^2} = 3273,9(\text{кВА}).$$

В даному розділі проведено розрахунок навантажень ВНТУ, визначено середнє навантаження для силового обладнання, розрахована потужність електричного освітлення та повна розрахункова потужність корпусу. Дані обчислень заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень університету

ЕП	Силове навантаження							Освітлювання							Всього				
	n,кВт	Kп	cos	tPg	Pмс,кВт	Qмс,кВАр	Kв	F,м	Pпит.о	Pно,кВт	Kпо	Kпра	cos	tg	Qмо,кВАр	Pмо,кВт	Pм,кВт	Qм,кВАр	Sm,кВА
Корпус №1	93	0,6	0,8	0,75	55,8	41,85	0,45	3960	0,014	55,44	0,8	0,95	0,7	1,02	42,99	42,13	97,93	41,85	106,50
Корпус №2	281	0,6	0,8	0,75	168,6	126,45	0,6	2592	0,014	36,29	0,8	0,95	0,7	1,02	28,14	27,58	196,18	154,59	249,77
Корпус №3	142	0,6	0,8	0,75	85,2	63,90	0,4	6128	0,014	85,79	0,6	0,95	0,7	1,02	49,89	48,90	134,10	113,79	175,87
Корпус №4	128	0,6	0,8	0,75	76,8	57,60	0,45	5175	0,014	72,45	0,6	0,95	0,7	1,02	42,13	41,30	118,10	99,73	154,57
Корпус №5	103	0,6	0,8	0,75	61,8	46,35	0,4	855	0,014	11,97	0,6	0,95	0,7	1,02	6,96	6,82	68,62	53,31	86,90
Корпус №6	71	0,6	0,8	0,75	42,6	31,95	0,4	648	0,014	9,07	0,1	0,95	0,7	1,02	0,88	0,86	43,46	32,83	54,47
Корпус №7	116	0,6	0,8	0,75	69,6	52,20	0,4	3213	0,014	44,98	0,6	0,95	0,7	1,02	26,16	25,64	95,24	78,36	123,33
Корпус №8	8	0,6	0,8	0,75	4,8	3,60	0,5	585	0,014	8,19	0,8	0,95	0,7	1,02	6,35	6,22	11,02	9,95	14,85
РТФ	42	0,6	0,8	0,75	25,2	18,90	0,4	810	0,014	11,34	0,8	0,95	0,7	1,02	8,79	8,62	33,82	27,69	43,71
ТПЗ(Майстерня)	276	0,6	0,8	0,75	165,6	124,20	0,65	408	0,014	5,71	0,6	0,95	0,7	1,02	3,32	3,26	168,86	127,52	211,60
АСУ	50	0,6	0,8	0,75	30	22,50	0,4	702	0,014	9,83	0,6	0,95	0,7	1,02	5,72	5,60	35,60	28,22	45,43
Гуртожиток №1	14	0,6	0,8	0,75	8,4	6,30	0,35	1080	0,014	15,12	0,8	0,95	0,7	1,02	11,72	11,49	19,89	18,02	26,84

Продовження таблиці 2.1

Гуртожиток №2	260	0,6	0,8	0,75	156	117,00	0,4	1350	0,014	18,90	0,8	0,95	0,7	1,02	14,65	14,36	170,36	131,65	215,31
Гуртожиток №3	373	0,6	0,8	0,75	223,8	167,85	0,6	1458	0,014	20,41	0,6	0,95	0,7	1,02	11,87	11,63	235,43	179,72	296,19
Гуртожиток №4	356	0,6	0,8	0,75	213,6	160,20	0,4	1458	0,014	20,41	0,6	0,95	0,7	1,02	11,87	11,63	225,23	172,07	283,44
Гуртожиток №5	441	0,6	0,8	0,75	264,6	198,45	0,5	1458	0,014	20,41	0,6	0,95	0,7	1,02	11,87	11,63	276,23	210,32	347,19
Гуртожиток №6	205	0,6	0,8	0,75	123	92,25	0,4	540	0,014	7,56	0,8	0,95	0,7	1,02	5,86	5,75	128,75	98,11	161,87
Гуртожиток №7	351	0,6	0,8	0,75	210,6	157,95	0,6	1377	0,014	19,28	0,6	0,95	0,7	1,02	11,21	10,99	221,59	169,16	278,78
Їдальня	261	0,6	0,8	0,75	156,6	117,45	0,5	1575	0,014	22,05	0,8	0,95	0,7	1,02	17,10	16,76	173,36	134,55	219,44
ГУК	206	0,6	0,8	0,75	123,6	92,70	0,4	2070	0,014	28,98	0,6	0,95	0,7	1,02	16,85	16,52	140,12	109,55	177,86
Всього	3777	0,60			2266,20	1699,65		37442		524,19					334,33	327,71	2204,82	1692,34	3273,92

2.2 Вибір і розміщення ТП навчальних корпусів

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано, що номінальну потужність ТП доцільно вибирати за питомою густиною навантаження на 1 м^2 площі корпусу ($S_{\text{пит}}$). При $S_{\text{пит}} < 0,4 \text{ кВА/м}^2$ більш раціональним є використання однострансформаторних ТП.

При $S_{\text{пит}} > 0,4 \text{ кВА/м}^2$ доцільно застосовувати двотрансформаторні підстанції, незалежно від категорії надійності електропостачання.

Визначимо загальне значення максимальної потужності корпусів і їх загальну площу:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{mi} = 3273.9 \text{ (кВА)},$$

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 37442 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Середнє питоме навантаження на 1 м^2 площі.

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.8)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{3273.9}{37442} = 0.087 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

Отже, вибираємо однострансформаторні підстанції з $S_{\text{ном.т.}} = 630$ чи 1000 (кВА).

Розглянемо варіанти:

1. При $S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.т.}} = 630$ кВА число ТП

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3}, \quad (2.9)$$

$$N_{\text{ек}} = \frac{3273.9}{630 \cdot (0,9 \div 0,95)} = 5.7 \div 5.4 (\text{шт}).$$

Отже, необхідно встановити шість ТП-630 (кВА).

2. При $S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.тр}} = 1000$ (кВА) число ТП

$$N_{\text{ек}} = \frac{3273.9}{1000 \cdot (0,9 \div 0,95)} = 4.6 \div 4.4 (\text{шт}),$$

В цьому випадку потрібно встановити 5 ТП. Коефіцієнти завантаження трансформаторів в першому і другому варіантах приблизно дорівнюють $k_c = 0,9$.

Розмістивши ТП на генплані, проведемо вибір трансформаторів, керуючись умовами:

1. Змінне навантаження ТП повинне бути менше навантаження трансформатора:

$$S_{\text{зм}} < S_{\text{ном.тр}}, \quad (2.10)$$

2. Потужність післяаварійного режиму повинна бути менше ніж:

$$S_{\text{п.а}} < 1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}, \quad (2.11)$$

3. За коефіцієнтом завантаження трансформатора в номінальному і аварійному режимах:

$$K_3^{\text{нр}} = \frac{S_{\text{pi}}}{n \cdot S_{\text{ном.тр}}} \leq 0,8, \quad (2.12)$$

де: S_{pi} – повна розрахункова потужність по ТП.

$$K_3^{\text{ар}} = \frac{S_{\text{pi}}}{n \cdot S_{\text{ном.тр}}} \leq 1,4, \quad (2.13)$$

Таблиця 2.2 – Розрахунки вибору трансформаторів для ТП

Номер ТП	Номер цеха	Sp	Навантаження цеху			n, шт	Sном.тр кВА	Kз	n, шт	Sном.тр кВА	Kз
			Pсм, кВт	Qсм, кВар	Sсм, кВА						
ТП1	1,8,11,	956	684	501	851	1	1000	0,85	2	630	0,68
	7,5,6,1										
ТП2	2,10,18,20	967	705	563	902	1	1000	0,90	2	630	0,72
	9,12,19,2										
ТП3	3	929	586	447	737	1	1000	0,74	2	630	0,58
ТП4	4,17	925	619	482	785	1	1000	0,79	2	630	0,62
ТП5	13,14,15,16	938	726	496	835	1	1000	0,76	2	630	0,65

Таблиця 2.3 – Номінальні параметри трансформатору ТМ – 1000

Тип	S _н , кВА	U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ	ΔP _{xx} , кВт	ΔP _к , кВт	I _{xx} ,%	U _к ,%
ТМ-1000/10	1000	10	0.4	2.3	12	22	5.5

Схема електричного постачання ВНТУ була збудована у 1965 році і з роками лише добувалась, не вдосконалюючись. В роботі буде запропоновано, можливо, більш доцільну схему електропостачання.

Для вибору місць розташування підстанцій побудуємо картограму навантажень університету та визначимо центр електричних навантажень (ЦЕН) університету.

Картограма навантажень університету представляє собою розміщення на генплані кіл, причому площини, обмежені цими колами у вибраному масштабі. Центр навантаження корпусу або університету являється символічним центром споживання електричної енергії корпусу (університету). Головну понижувальну, розподільчу і корпусну підстанції слід розмістити як можна ближче до центру навантажень, так як це дозволить приблизити високу напругу до центра споживання електроенергії і значно зменшити протяжність як розподільчих мереж високої напруги підприємства, так і цехових електричних мереж низької напруги, зменшити витрату провідникового матеріалу і знизити втрати електроенергії.

Картограма електричних навантажень дозволяє досить чітко представити розподілення навантажень по території університету.

Отже, площа, обмежена кожним із цих кіл $\pi \cdot r^2$, в вибраному масштабі m , дорівнює розрахунковому навантаженню відповідного корпусу P_i :

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m, \quad (2.14)$$

де m – масштаб для визначення площини кола.

З даного виразу радіус кола буде визначатись:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{м.о}}{\pi \cdot m_p}}, \quad (2.15)$$

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень. Прийmemo радіус круга навантаження корпусу, наприклад, №1 $r_1 = 25$ м. Тоді масштаб картограми навантажень:

$$m_p = \frac{P_{м1}}{\pi \cdot r_1^2}, \quad (2.16)$$

$$m_p = \frac{98}{\pi \cdot 25^2} = 0,049,$$

Вибираємо $m_p = 0,05$ (кВт/м).

Визначаємо радіус круга навантаження для корпусу №1 при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{98}{3,14 \cdot 0,05}} = 24,9 \text{ (м)}.$$

Аналогічно розраховуємо радіуси для інших об'єктів і результати заносимо в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Розрахунок радіусів корпусів ВНТУ

Номер цеху	Pm	r, м
1	97,934	24,976
2	196,179	35,349
3	134,101	29,226
4	118,097	27,426
5	68,623	20,907
6	43,462	16,638
7	95,240	24,630
8	11,024	8,380
9	33,818	14,677
10	168,856	32,795
11	35,602	15,059
12	19,891	11,256
13	170,364	32,941
14	235,435	38,724
15	225,235	37,876
16	276,235	41,946
17	128,746	28,636
18	221,588	37,568
19	173,358	33,229
20	140,119	29,874

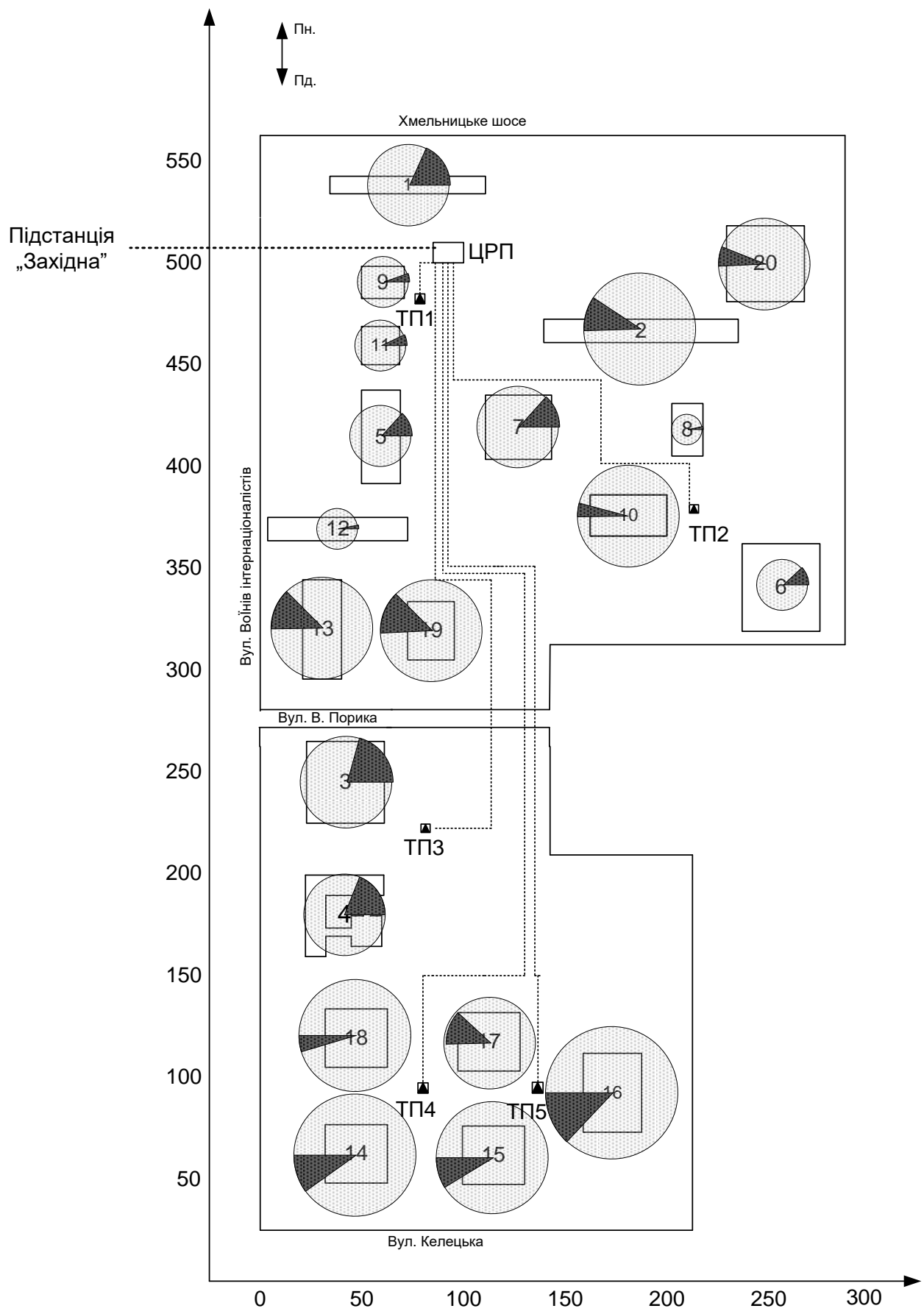


Рисунок 2.3 – Генплан ВНТУ з картограмою електричних навантажень

2.3 Вибір схеми та основних елементів університетської електричної мережі

Так як університет живиться від підстанції «Західна» напругою 10 кВ, то встановлюємо ЦРП. Потужність трансформатора на кожній ТП становить 1000 кВА.

Відповідно генплану, вибираємо радіальну схему електропостачання (рисунок 2.4).

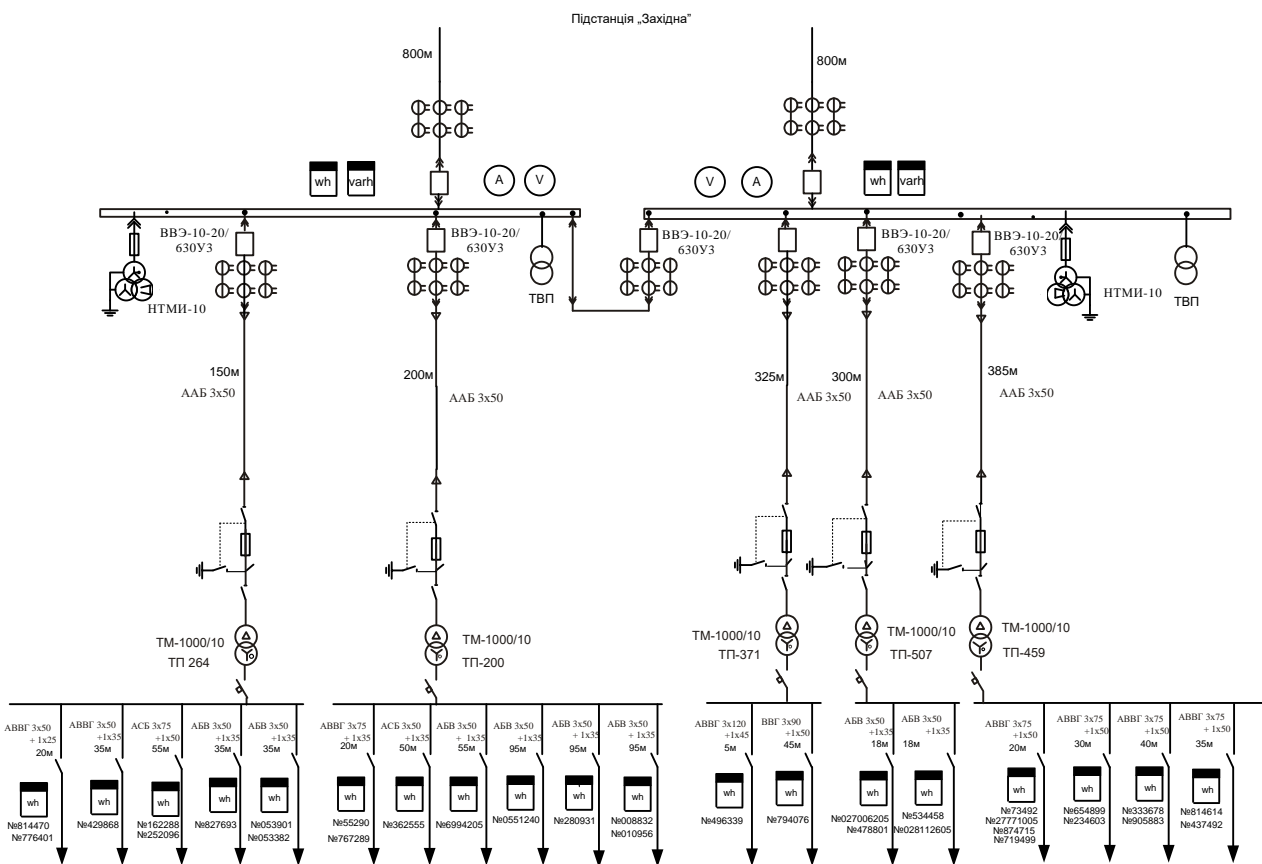


Рисунок 2.4 – Схема університетської електричної мережі

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів.

$$U_{\text{ном.В}} \geq U_{\text{ном.мережі}} \quad , \quad (2.17)$$

$$I_{\text{ном.В}} \geq I_{\text{max}} \quad . \quad (2.18)$$

Переріз провідників вибираємо за економічною густиною струму:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{М}}}{J_{\text{ек}}}, \quad (2.19)$$

де $J_{\text{ек}}$ – економічна густина струму.

Визначимо струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній університету напругою 10 кВ:

$$I_{\text{М}} = \frac{S_{\text{max}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}. \quad (2.20)$$

$$I_{\text{М}} = \frac{3273.9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 94.5 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_{\text{М}} = 2 \cdot 94.5 = 189 \text{ (A)}.$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо вакуумний вимикач типу ВВЭ-10-20/630У3

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{max}},$$

$$1000 \text{ A} \geq 189 \text{ (A)}.$$

Визначаємо струми приєднань:

а) ТП1

$$I_{\text{М}} = \frac{S_1 + S_8 + S_{11} + S_7 + S_5 + S_6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{956}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 27.5 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_{\text{М}} = 2 \cdot 27.5 = 55 \text{ (A)}.$$

б) ТП2

$$I_M = \frac{S_2 + S_{10} + S_{18} + S_{20} + S_9 + S_{12} + S_{19}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{967}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 28.1 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_M = 2 \cdot 28.1 = 56.2 \text{ (A)}.$$

в) ТП3

$$I_M = \frac{S_3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{929}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 26.8 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_M = 2 \cdot 26.8 = 53.6 \text{ (A)}.$$

г) ТП4

$$I_M = \frac{S_4 + S_{17}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{925}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 26.7 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_M = 2 \cdot 26.7 = 53.4 \text{ (A)}.$$

д) ТП5

$$I_M = \frac{S_{13} + S_{14} + S_{15} + S_{16}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{938}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 27.7 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot I_M = 2 \cdot 27.7 = 53.5 \text{ (A)}.$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі типу ВВЭ-10-20/630У3 з номінальними даними: номінальна напруга вимикача $U_{\text{ном}} = 10$ (кВ); номінальний струм вимикача:

$$I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{мах}};$$

номінальний струм відключення

$$I_{\text{ном.відкл}} = 20 \text{ (кА)}.$$

Вибір провідників виконуємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією

$$j_{\text{ек}} = 1,2 \text{ (А/мм}^2\text{)} \text{ при } T_{\text{м}} > 5000.$$

Визначаємо економічний переріз провідників, наприклад, для ТП1:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{м}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{94,5}{1,2} = 78,75 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Для даної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ. Аналогічно визначаємо переріз провідника для інших ліній і результати зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_{\text{м}}, \text{ А}$	$I_{\text{мах}}, \text{ А}$	Вимикач	$I_{\text{ном.в}}, \text{ А}$	$S_{\text{ек}}, \text{ мм}^2$	Провідник	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$
ЕЕС-РП	94,5	189	ВВЭ-10-20/630У3	1000	78,75	ААБ- 3х50	140

В розділі був проведений вибір високовольтних вимикачів за номінальною напругою та розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів. Також виконаний вибір провідників за економічною густиною струму. Отже, в ході розрахунків були вибрані вакуумні вимикачі типу ВВЭ-10-20/630У3 та броньовані кабелі з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ-3х50.

3 ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ САПР В СВІЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКАХ

3.1 Світлотехнічний розрахунок. Програми світлотехнічного розрахунку. Алгоритм роботи в програмах

Сучасні світлотехнічні розрахунки вже неможливо представити без використання спеціалізованого програмного забезпечення, хоча ще кілька років тому інженерам-світлотехнікам доводилося вести довгу і клопітку роботу з оптимізації освітлення навіть невеликих об'єктів, використовуючи при цьому масу довідкової літератури, різні графіки, таблиці, діаграми і т.д. Будь-яка заміна потужності або переміщення світлового приладу призводили до необхідності перерахунку практично всього проекту. Складні геометричні і технічні обчислення посилювали вплив «людського чинника», зростала вірогідність помилки

З широким розповсюдженням обчислювальної техніки з'явилася можливість спростити процедуру світлотехнічних розрахунків. Декілька іноземних компаній, які займаються розробкою програмного забезпечення, випустили свої версії програм проектування систем освітлення. Звичайно, основна робота з розрахунку освітлення все одно покладається на людину, але багато початкових даних (табличні коефіцієнти, криві сили світла приладів, розрахункові формули, технічні параметри джерел світла і т.п.) вже закладено в програмі.

Задача розрахунку освітлення зводиться до визначення необхідної кількості світлових приладів для створення нормованого значення освітленості на спортивних об'єктах. При цьому розроблений проект освітлення повинен забезпечувати мінімальні витрати на споруду і експлуатацію освітлювальної установки, а також відповідати нормативним документам тієї країни, для якої проектується система освітлення. При проектуванні доцільна послідовність дій, що наводиться нижче:

1. Визначення параметрів об'єкта, що підлягає освітленню;
2. Вибір системи освітлення;

3. Установка нормованого значення освітленості;

4. Вибір методу розрахунку освітленості.

При світлотехнічному проектуванні в основному застосовують два методи розрахунків – метод коефіцієнта використання і точковий метод. Метод коефіцієнта використання призначений для розрахунку середньої освітленості підлоги (стін) усередині приміщення з урахуванням багаторазового відбиття світла (для системи загального рівномірного освітлення або розрахунку необхідного числа світильників в освітлювальній установці за заданою величиною освітленості). Цей метод застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення при проектуванні освітлювальних установок для офісних, службових та інших робочих приміщень з відносно невеликою висотою і площею. На практиці значення розрахункових коефіцієнтів беруть з таблиць, що пов'язують геометричні розміри приміщення, відбиваючі властивості його поверхонь і криві сили світла використаних світильників. Точковий метод призначений для розрахунку освітленості в кожній точці заданої площини і враховує вплив на неї світлового потоку від кожного із світильників, розташованих в довільному порядку. В комп'ютерних програмах цим методом розраховують як пряму, так і відбиту складові освітленості. Цей метод використовується, коли необхідно одержати багатоваріантні розрахунки освітленості і сумістити їх з оцінкою інших світлотехнічних і економічних параметрів освітлювальної установки. Складність точкового методу полягала у відсутності можливості представлення кривих сил світла приладів аналітичними виразами і вживанні при розрахунках великої кількості таблиць, графіків і допоміжних матеріалів. В даний час комп'ютерна техніка дозволяє всюди застосовувати даний метод в практиці світлотехнічних розрахунків.

Найбільш відомі декілька світлотехнічних розрахункових програм: DIALux, Relux Professional, Lightscape, Calculux і EUROPIC. Найпопулярніша програма DIALux створена за участю багатьох європейських світлотехнічних фірм (в числі яких OSRAM, Philips, THORN, Trilux і ін.). Кожна з фірм – творців DIALux представляє програму з даними власного устаткування, проте програма дозволяє

створювати і нову базу даних світильників, що найчастіше використовуються. Все це спрощує роботу з програмою і економить час. Формат даних, що вводяться – CIBSE/TM14, IES, LDT. Світильники можуть бути об'єднані в групи, проте в цьому випадку стає неможливо працювати з окремо взятим світильником. В останній версії DIALux 4.9 представлена широка база текстур, компонентів приміщень і меблів, можливість розширення якої також передбачена. У програмі DIALux результати розрахунків можна подати в будь якій зручній формі – як у вигляді плоских двомірних видів, так і в тривимірній проекції.

Метод візуалізації RayTracing, що використовується в програмі, робить 3D-модель наочною, але розрахунок освітленості у вертикальній площині дещо ускладнює застосування програми для спортивних споруд. До того ж DIALux потребує досить багато ресурсів комп'ютера, в разі створення проекту для спортивної арени з великою кількістю прожекторів розрахунок займає тривалий час. Проте, зручний інтерфейс, гнучкі настройки виведення результатів на друкування і можливість введення даних (світильників, меблів і текстур) роблять цю програму найзручнішою для розрахунку освітленості інтер'єрів.

Програма Relux Professional від компанії Relux Informatik AG – могутній інструмент розрахунку освітленості при роботі з тривимірними об'єктами. Вона містить велику базу даних, що включає фотометричні дані світильників сорока дев'яти виробників. Програма надає можливість широкого вибору зображень і текстур, що дозволяє представити зображення об'єкту в максимально реалістичному вигляді. У звіті виводяться на друк всі необхідні результати розрахунків і тривимірне зображення приміщення (в OpenGL). Передбачені засоби для збереження в базі даних будь-якого бажаного виду об'єкта освітлення разом з розрахунковими даними. У додатку до основної програми можуть використовуватися модулі Relux Vision і ReluxCAD. Relux Vision надає розширені можливості візуалізації (RayTracer), а також можливість розраховувати комбіноване освітлення у приміщенні. ReluxCAD – програма, що дозволяє організувати роботу спільно з програмою AutoCAD. Створені в AutoCAD креслення приміщень і майданчиків напряму вводяться в Relux Professional, а

результати світлотехнічних розрахунків для конкретної споруди, одержані в ReluxCAD, можна передати в AutoCAD. Relux дозволяє розраховувати коефіцієнт дискомфорту UGR як для приміщення, так і для конкретної точки спостереження. Крім того, можна вивести таблицю UGR від кожного світильника. Істотним недоліком даної програми є відсутність зручних засобів роботи з фотометричними даними. Для кожного проекту необхідно створювати базу даних застосованих світильників, що ускладнює і уповільнює роботу з Relux Professional.

Програма Calculux фірми Philips існує в трьох модифікаціях (для розрахунку відкритих майданчиків, приміщень і доріг). Хоча основним форматом даних Calculux є Philips Phillum, програма дозволяє вводити й інші фотометричні формати (CIBSE/TM14, IES, EULUMDAT і LTLI). Проте слід мати на увазі, що їх використання в програмі відбувається не завжди коректно (як, наприклад, з форматом IES). Calculux дає можливість розраховувати освітленість на прямокутних поверхнях в будь-якій площині, що визначається користувачем. У програмі можна самостійно задавати кількість розрахункових точок, створювати групи світильників і при цьому орієнтувати як окремих світильників, так і цілу їх групу. У програмі задана велика кількість стандартних спортивних майданчиків, що дуже зручно при розрахунку як закритих, так і відкритих споруд. Є можливість вибору мови, на якій буде надрукований звіт. До недоліків програми слід віднести відсутність якісного тривимірного представлення результатів, проте це частково компенсуються високою швидкістю розрахунку. Спортивні й розважальні споруди вимагають значних вкладень в будівництво і експлуатацію. Але інвестиції у спортивні об'єкти окупляються тільки в тому випадку, якщо останні будуть комфортні і для глядачів, і для спортсменів. Правильно спроектована і змонтована освітлювальна установка – одна з основних умов привабливості об'єктів видовищного призначення.

Для вірного вибору тієї або іншої розрахункової програми, проектувальнику необхідно чітко уявляти поставлені перед ним вимоги по проектуванню ОУ і спробувати використати програму найбільш раціонально. Тому була розроблена

методика проектування ОУ спортивних споруд у світлотехнічних програмах. Слід зауважити, що світлотехнічний проект, як правило, займає певне місце в проекті в цілому; чи то проект будівництва, проект благоустрою або реконструкції. В зв'язку з цим, вихідними даними для початку світлотехнічного будівництва є креслення, фотографії, плани й інша електронна/цифрова інформація, що дає вичерпну інформацію про освітлюваний об'єкт. Основним положенням даної методики є правильний вибір розрахункових програм за існуючими вихідними даними про об'єкт (рис. 3.1).

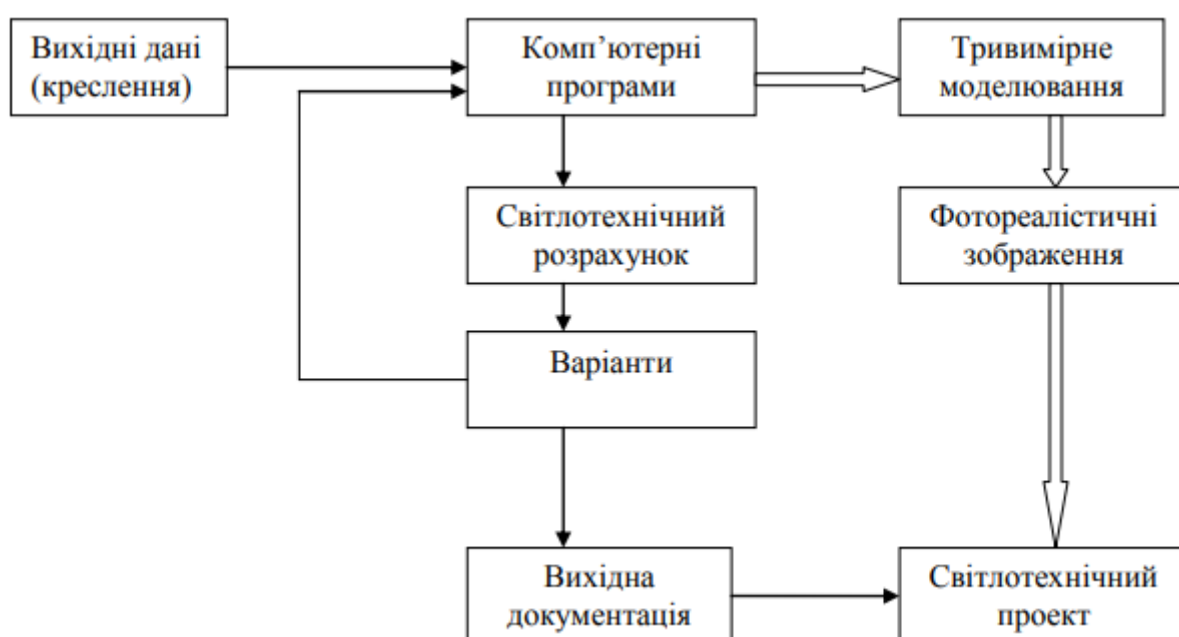


Рисунок 3.1 – Схема виконання етапів світлотехнічного проекту

Одиначними стрілками позначений зв'язок, що дозволяє, на відміну від інженерного методу розрахунку, за короткий час проводити генерацію варіантів освітлення. Подвійними стрілками позначений шлях, якого необхідно дотримуватись при розрахунку критичних спортивних споруд з вказівкою певних місць прив'язок світлового обладнання. В цілому, запропонована методика моделювання освітлення складається із сукупності кроків, яким необхідно слідувати, щоб якісно виконати проект освітлення. Початком методики моделювання можливо вважати правильний вибір світлотехнічної програми. Далі

– це виконання вищезазначеної схеми моделювання освітлення. Заключною частиною методики вважається аналіз світлового поля для визначення якості спроектованої ОУ. Розглянемо аналіз світлового поля і загальні підходи до проектування ОУ за допомогою світлотехнічних програм на прикладі проекту системи освітлення універсального спортивного комплексу. На цьому прикладі продемонструємо як можна виконати розрахунок якісних показників освітленості в світлотехнічних програмах, які допоможуть правильно спроектувати ОУ. Перед початком комп'ютерного моделювання ОУ універсального спортивного залу звернімося до схеми для визначення основних етапів проектування. Необхідні вихідні дані для проектування ОУ:

1. Детальний план і розрізи спортивної споруди у форматах *.dxf або *.dwg, з позначенням головної TV-камери;
2. Відомості про клас проведення змагань;
3. Дані про оздоблювальні матеріали і конструкції, їх колір і коефіцієнти відбиття;
4. Орієнтовні місця установки світлових приладів.

Тепер, коли маємо необхідні дані для моделювання, нам необхідно звернутися до діючих нормативних документів, для визначення світлотехнічних вимог до проектування. Особливу увагу на цьому етапі слід звернути на те, що крім нормативних документів, існують рекомендації по освітленню від різноманітних спортивних федерацій, таких як ФІФА і УЄФА, федерація тенісу, баскетболу, волейболу і ін. До того ж, пріоритет вибору нормованих величин залишається за спортивними федераціями.

Наступним етапом проектування освітлювальної установки, згідно схеми, є трьохвимірне моделювання спортивної споруди. На цьому етапі з'являється проблема вибору світлотехнічної програми. Для того щоб правильно зробити вибір, необхідно чітко собі уявляти, що:

1. Проектування освітлення на спортивних спорудах завжди пов'язано з великою кількістю світлових приладів різних типів, тому в програмі повинно бути добре продумане управління їх масивами;

2. Для отримання підсумкового результату проектування потрібна багатоваріантність, а це, як наслідок, зміна і переорієнтування десятків світлових приладів за варіант;

3. Світлотехнічна програма повинна швидко і якісно проводити розрахунок на робочих площинах об'єкта;

4. В програмі повинні бути засоби по розрахунку якісних показників освітленості і можливість зміни шагу розрахункової сітки.

Тому ми рекомендуємо при проведенні світлотехнічного розрахунку спортивних споруд користуватися програмами DIALux, Europic, Relux або Calculux. Ці програми відповідають усім зазначеним вище вимогам і містять всі засоби для проведення якісного світлотехнічного розрахунку. Далі, виходячи з рекомендованих рівнів освітленості на робочих поверхнях (залежно від виду спорту це може бути поверхня гравального майданчика, що проходить на рівні 1,5 м від підлоги) і умов освітленості обираємо ту або іншу схему розстановки світлових приладів. У нашому випадку використовуємо лінійне розташування прожекторів уздовж поля. Обираємо приблизну потужність прожекторів і проводимо розрахунок горизонтальної і вертикальної освітленості на гравальному майданчику. Рекомендуємо проводити розрахунок вертикальної освітленості поряд з горизонтальною навіть у тих випадках, коли вона не регламентується нормативними документами. Легко проілюструвати, що при дотриманні рівня горизонтальної освітленості можна отримати провали вертикальної освітленості в різних частинах ігрового поля, що призведе до погіршення якості спостереження. Після проведення попереднього розрахунку виводимо результати освітленості, аналізуючи які, робимо висновки про правильність вибору світлового обладнання, його орієнтації, місце розташування або вносимо зміни і повторюємо розрахунок. Саме ця частина проектування освітлювальної установки за допомогою світлотехнічних програм значно відрізняється від традиційного метода розрахунку ОУ, де із-за великих трудовитрат складно якісно виконати декілька варіантів розрахунку показників освітленості. Які ж якісні показники освітленості ми можемо розрахувати за допомогою світлотехнічних програм? Звісно,

світлотехнічні програми дають можливість отримати більшість традиційних якісних показників, а саме:

- вертикальна освітленість;
- циліндрична освітленість;
- сферична освітленість;
- показник дискомфорту/UGR.

Але світлотехнічні програми також пропонують проектувальникам й інші оцінки якості освітлення. Однією з таких характеристик є розподіл освітленості або яскравості по поверхні. Розподіл подається як у вигляді ізолюкс, так і у вигляді кольорових градацій з прив'язкою до конкретних значень освітленості або яскравості. Ці якісні характеристики дуже важливі для правильної оцінки розподілу освітленості на робочих поверхнях. Завдяки тому, що в їх побудові приймають участь сотні розрахункових точок, вони у повному об'ємі відображають світлову картину розподілу світла в результаті багаторазових відбиттів і затемнень. Ще однією особливістю світлотехнічних програм є те, що вони дозволяють розробляти нові оцінки світлового поля під конкретну ОУ. Як зазначалося раніше, більшість світлотехнічних програм використовує у розрахунках показників освітленості метод Radiosity, згідно якого в результаті розрахунку отримуємо значення опромінення в будь-якій точці. Таким чином, додаючи в сцену освітлення об'єкти, з якими виконується зорова робота, можна детально (наближено до реальності) отримати уявлення про якість освітлення. Більш за те, можна, наближено до реальності змодельовати розподіл освітленості в полі зору віртуального спостерігача, реакція якого на розподіл світла у сцені буде адекватною реальному розподілу. Нажаль, технічний рівень сьогодення не дозволяє проводити моделювання, розрахунок і візуалізацію зі стовідсотковою реалістичністю, і на те є дуже серйозні науково-технічні перешкоди:

1. Не виявляється можливим моделювання сцен із детальною реальною світу, а це в свою чергу призводить до похибки в розрахунках і візуалізації;
2. Не можливе урахування усіх можливих явищ і процесів, що мають місце у просторі (око-об'єкт);

3. Динамічний діапазон яскравості існуючих моніторів, відеопанелей і інших відео пристроїв значно менші, ніж у людського ока, що призводить до неминучих викривлень у яскравості зображення;

4. Технічно неможливо проведення моделювання об'єктів і отримання їх зображення у масштабі 1:1, а це призводить до викривлення фізіологічного сприйняття.

Таким чином, в результаті проведення візуалізації системи освітлення, отримані зображення будуть відрізнятися від зображень, отриманих при фотозйомці реальної освітлювальної установки або її спостереження. З іншого боку, такі зображення якомога краще підходять для представлення замовнику концепції освітлення на стадії проектування. Дана робота не ставить перед собою задачу описання труднощів візуалізації і комп'ютерної графіки. Тому нас в більшій мірі цікавлять числові і кольорові представлення світлотехнічних величин у модельованій сцені. Застосовуючи комп'ютерні програми, можна створити модель універсального залу очима віртуального гравця у псевдокольорах, де червоним кольором позначені області з підвищеним значенням освітленості/яскравості, а синім кольором, навпаки області з недостатнім значенням цих величин. Слід зауважити, що генерація такого роду зображень займає декілька хвилин, а проектувальник отримує повну світлотехнічну інформацію про освітлювальну установку. Іншим варіантом отримання якісних показників освітлення може служити введення в сцену так званих фіктивних поверхонь. Фіктивні поверхні – це поверхні, що беруть участь в перерозподілі випромінювання в сцені, мають коефіцієнт відбиття 0%, пропускання 100% і не приймають участі у візуалізації, при цьому на них розраховується значення освітленості. Установка таких поверхонь в повздовжньому і поперековому розрізах сцени з певним кроком дозволить отримати чисельно або у псевдокольорах значення освітленості в освітлюваному просторі. У першому наближенні сумарний розподіл на таких поверхнях надає тіло освітленості, адекватне тілу яскравості (при дифузних поверхнях), завдяки якому можна дати оцінку наповнення світлом приміщення, виконати прогноз

розподілу тіней, виявити слабко освітлені або занадто освітлені області в просторі. Іншими словами, таке тіло освітленості/яскравості надає проектувальнику повну інформацію про освітлювальну установку, що розробляється. Таким чином, сформований кістяк основних етапів (кроків) сучасного моделювання освітлення за допомогою світлотехнічних програм, в якому самі програми виступають лише розрахунковими інструментами.

3.2 Огляд сучасних систем керування освітленням

3.2.1 Управління освітленням за допомогою програмованих контролерів

За допомогою, наприклад, контролера K2000T можна керувати освітленням місць загального користування, а саме:

- коридорів, холів, сходових маршів з використанням датчиків руху або відеокамер в якості детектора пересування персоналу (плавне регулювання потужності люмінесцентних або світлодіодних світильників в межах 2-100%);
- фасадного освітлення будівлі, підвалів, горіщного приміщення тощо;
- освітлення прилеглої території з нічним зниженням потужності на 50% (можна також використовувати автономні диммери K2302, K2304);
- архітектурним підсвічуванням будівлі або освітленням рекламних щитів з автоматичним відключенням на ніч (можна також використовувати автономні диммери K2302, K2304);

Система управління (рис. 3.2) працює наступним чином: перед початком робочого дня освітлення коридорів автоматично включається і переходить в економічний режим роботи – 10-20% від номінальної потужності.

Далі система управління, отримуючи сигнали від датчиків руху або відеокамер, встановлених в коридорах і холах, відповідним чином регулює потужність освітлення: якщо персонал присутній в певній зоні – потужність відповідної групи світильників дорівнює 100%; якщо рух не фіксується на протязі інтервалу 20 с - 6 хв (програмується), потужність плавно, протягом 10 с, знижується до значення 10-20% від номінальної величини (в економічному режимі світильники споживають в 4-5 разів менше електроенергії).

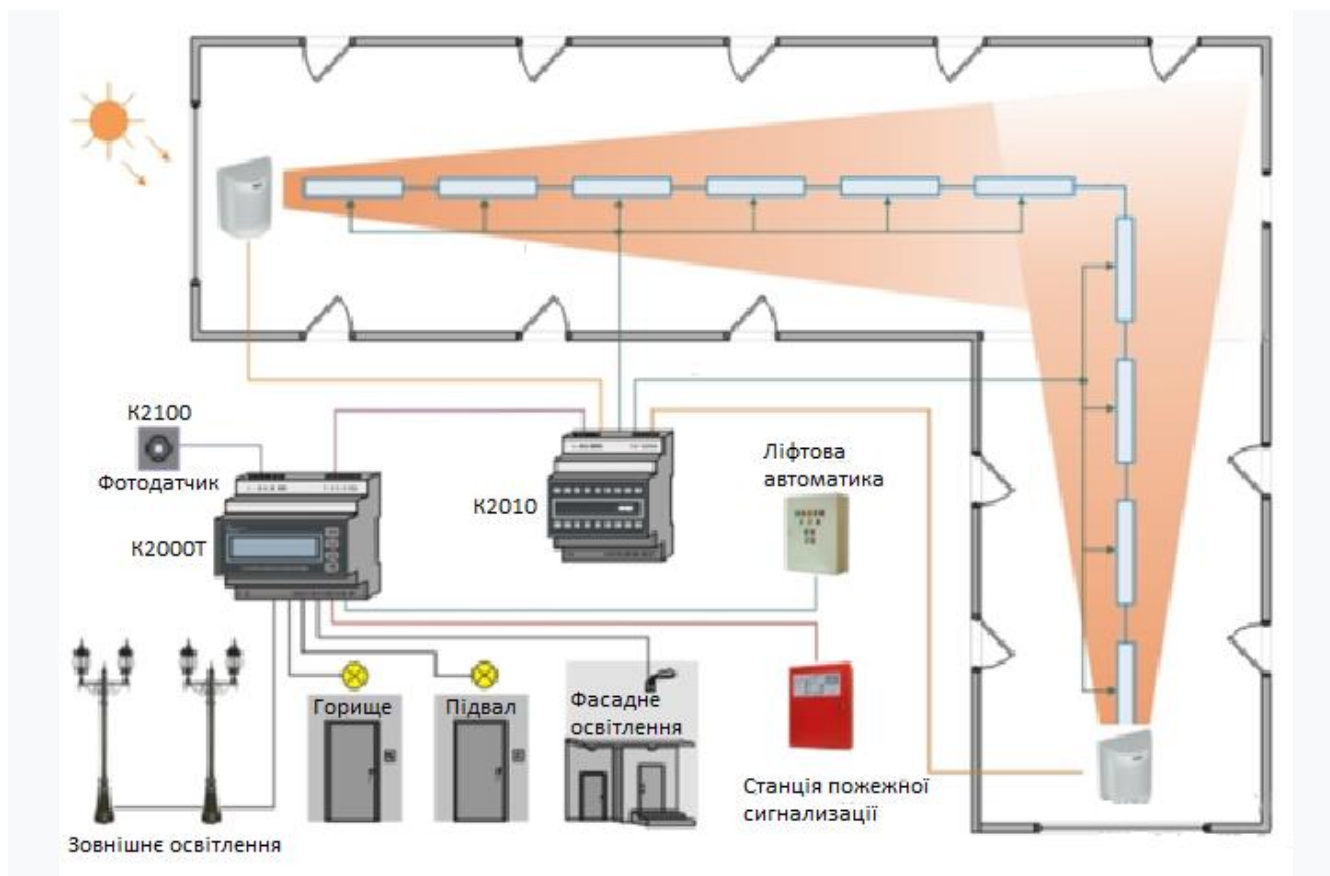


Рисунок 3.2 – Схема управління освітленням коридорів з датчиками руху

У коридорах з вікнами в світлий час доби освітлення може автоматично відключатися. У нічний час освітлення коридорів і холів може працювати або в режимі аварійного освітлення (5-7%), або відключатися повністю.

При виникненні пожежі освітлення всіх коридорів будівлі автоматично перемикається в режим номінальної потужності для нормальної евакуації людей і гасіння пожежі (контролер має спеціальний вхід для інтеграції з будь-якими станціями пожежної автоматики). При ремонті ліфта (ліфтів) контролер, отримавши сигнал про відключення головного вимикача ліфта, автоматично переводить освітлення міжповерхових сходових маршів в режим повної або підвищеної потужності (програмується).

Якщо в приміщенні є або проектується система охоронної сигналізації з датчиками руху в коридорах, то спеціально для управління системою освітлення додаткові датчики можна не встановлювати. У будь-якій сучасній охоронній системі є окремі релейні модулі, які можна запрограмувати на повторення стану

контактів датчиків руху. Контакти цих реле необхідно підключити до входів модулів K2010 замість самих датчиків.

Стандартний склад системи керування освітленням:

- контролер K2000T - один на будівлю;
- фотодатчик K2100 - один на будівлю;
- модулі управління поверхові K2010 – один модуль на дві незалежні групи світильників (модуль має два канали);
- люмінесцентні або світлодіодні світильники з диммерами ЕПРА (аналогове управління 1-10В) будь-якого виробника;
- датчики руху (пасивні інфрачервоні).

3.2.2 Управління системою освітлення за допомогою IP-камер

Управляти системою освітлення, плавно регулюючи світловий потік груп світильників в діапазоні від 2 до 100% потужності можна і за допомогою сучасних IP-камер, які застосовуються в системах відеоспостереження (CCTV) (рис. 3.3). Відеокамери можна використовувати не тільки замість, а й разом з датчиками руху, підключаючи їх сигнальні реле в один загальний шлейф.

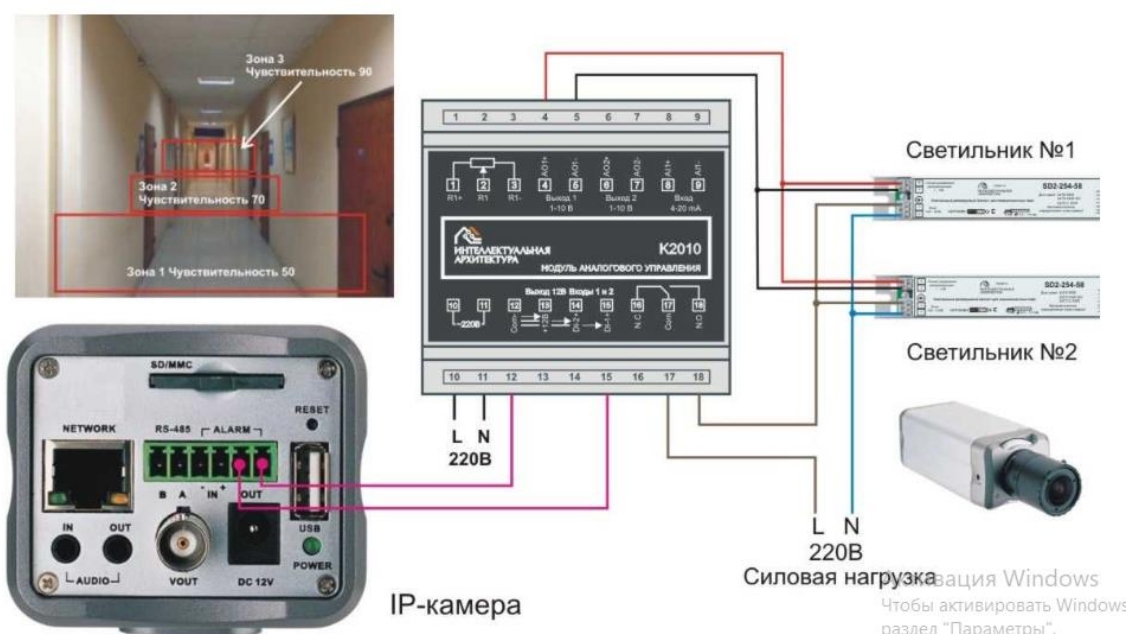


Рисунок 3.3 – Схема підключення відеокамери до модуля управління освітленням K2010.

Відеокамера має вбудований детектор руху на 16 зон, для кожної з яких можна встановити необхідну чутливість, наприклад, з урахуванням перспективи для довгих коридорів, складських прольотів і т.п. При фіксації руху спрацьовує реле відеокамери (Alarm Output), сигнал від якого передається модулю управління K2010, який, в свою чергу, видає сигнал управління по ланцюгу 1-10 (В) відповідній групі світильників на збільшення світлового потоку, наприклад, з 10% до 100%. Зниження потужності освітлення після припинення руху відбувається плавно, щоб не викликати повторне «помилкове» спрацьовування детектора руху.

Даний спосіб управління можна використовувати тільки в системах з модулями K2010. З модулями K2012 та іншої автоматикою, що працює за принципом «увімкнути/вимкнути», така система працювати не буде.

Перевага – при проектуванні і будівництві нових об'єктів можна досить значно здешевити проект, вирішивши відразу дві проблеми – відеоспостереження та висока енергоефективність об'єкта.

Відеокамери мають вбудований адаптер PoE (живлення від лінії Ethernet), а значить можуть бути встановлені без зовнішнього джерела живлення. При цьому клієнтам буде безкоштовно запропоновано ПЗ для спостереження та відеозапису на 36 камер (сервер для персонального комп'ютера), що має крім усього іншого функцію включення звукового сигналу при фіксації руху в обраних зонах і в певний час доби, наприклад, вночі.

3.3 Розрахунок освітлення з використанням програмного забезпечення «DIALux 4.13»

Програми DiaLux орієнтується на європейські норми, тобто на середню освітленість E_{sp} [43]. Як показує практика, середня освітленість відрізняється від мінімальної приблизно на один щабель за наведеною нижче шкалою освітленості: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Замість коефіцієнта запасу, в DIALux задається коефіцієнт експлуатації (maintenance factor) – величина, зворотна коефіцієнту запасу: $MF = 1/K_3$, ($MF < 1$).

Програма призначена для проектування освітлення інтер'єрів, екстер'єрів та дорожнього освітлення. Для внутрішніх приміщень надано великий вибір варіантів колірних оздоблень, є можливість установки дверей, вікон, меблів, різного інвентарю. При цьому програма при розрахунку дозволяє у всіх тонкощах враховувати не тільки світловий потік, який припадає на робочу поверхню від джерела світла, а й світловий потік, що переломлюється, відбивається і потрапляє на робочу поверхню від стін, стелі, розміщення меблів в приміщенні, а також від відображають властивостей цих поверхонь.

3.3.1 Застосування «DIALux 4.13» для розрахунку освітленості аудиторії 4228 четвертого корпусу ВНТУ

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» розділу норми для навчальних закладів в лекційних залах середній показник освітленості становить 300 лк [37].

Для детального розрахунку в приміщеннях із складною геометрією, лекційну залу було розділено на дві поверхні для збільшення точності розрахунку (рис. 3.4)

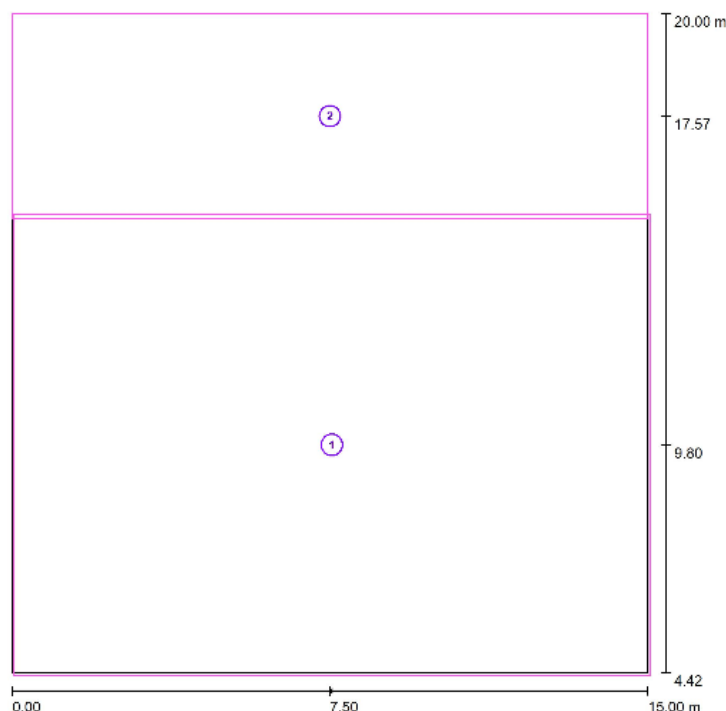


Рисунок 3.4 – Розподіл лекційної зали на 2-ї поверхні

Запропоновано використати світлодіодний світильник для внутрішньої установки потужністю 45 Вт із світловим потоком 5000 лм. Характеристику кривої сили світла подано на рис. 3.5, візуалізацію – на рис. 3.6.

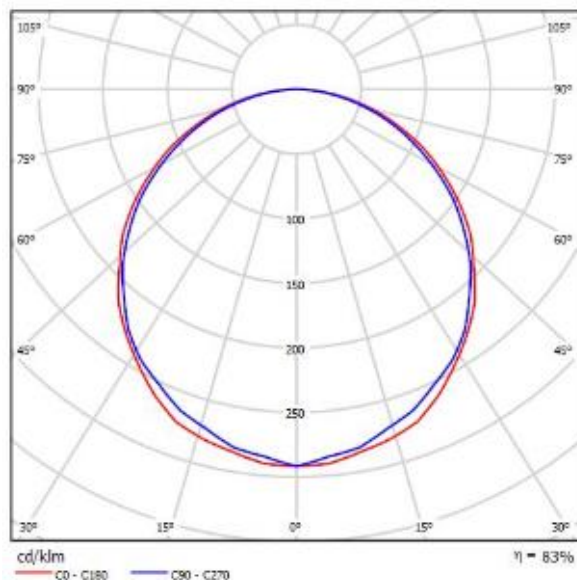
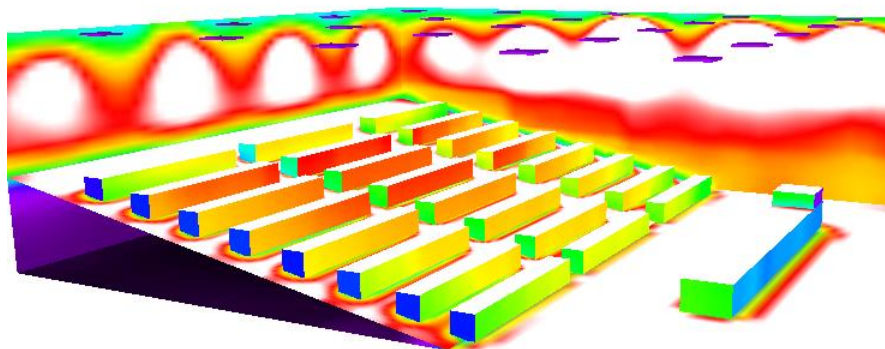
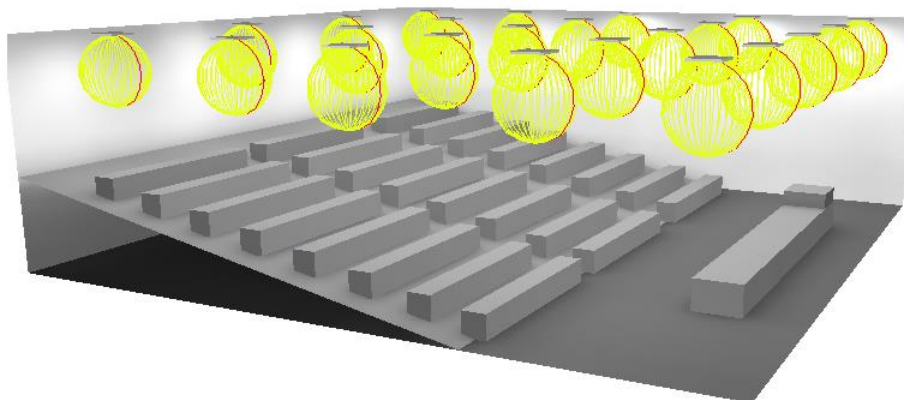


Рисунок 3.5 – Крива сили світла світлодіодного світильника



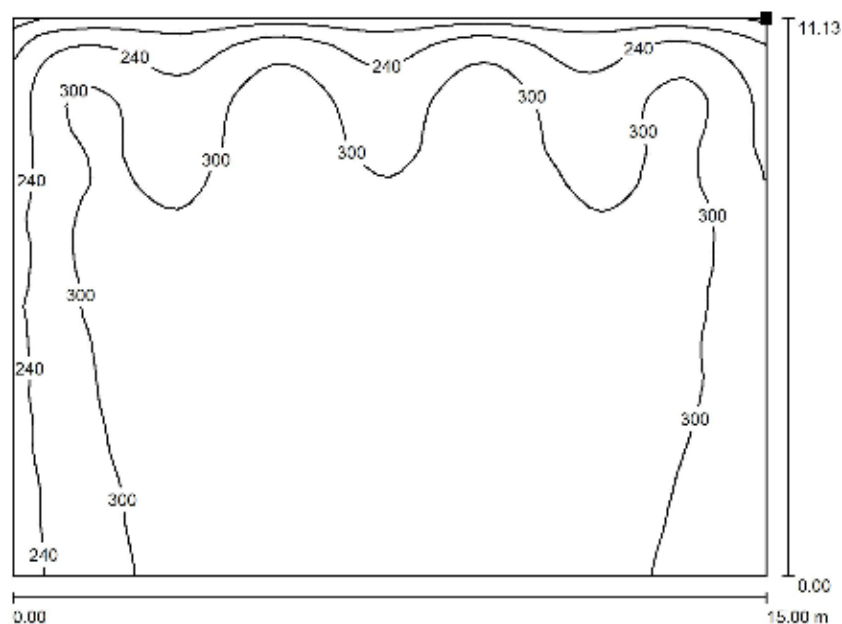
а)



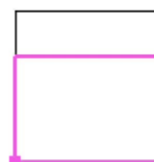
б)

Рисунок 3.6 – 3D візуалізація освітлення; б) 3D візуалізація в фіктивних кольорах

На рис. 3.7 та 3.8 показано розподіл ізоліній по поверхням.



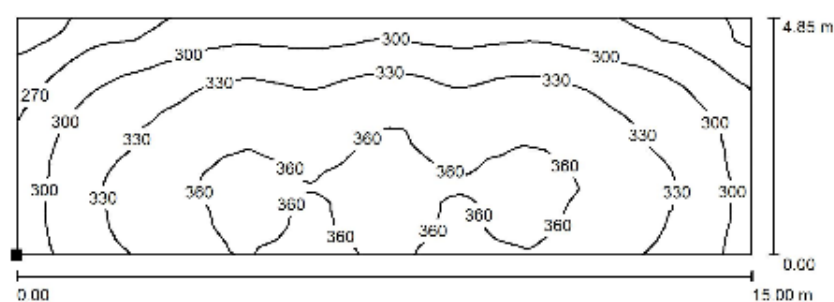
Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.045 m, 4.339 m, 2.662 m)



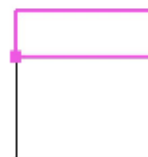
Растр: 64 x 64 Точки

$E_{\text{ф}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ф}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
301	97	348	0.323	0.279

Рисунок 3.7 – Розподіл ізоліній, поверхня 1



Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 15.150 m, 1.500 m)



Растр: 128 x 128 Точки

$E_{\text{ф}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ф}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
326	225	371	0.690	0.606

Рисунок 3.8 – Розподіл ізоліній, поверхня 2

Розрахунок в даному програмному комплексі дозволяє найбільш вдало розташувати світильники і попередньо більш точно розрахувати їх кількість. На рис. 3.9 показано план розташування світильників.

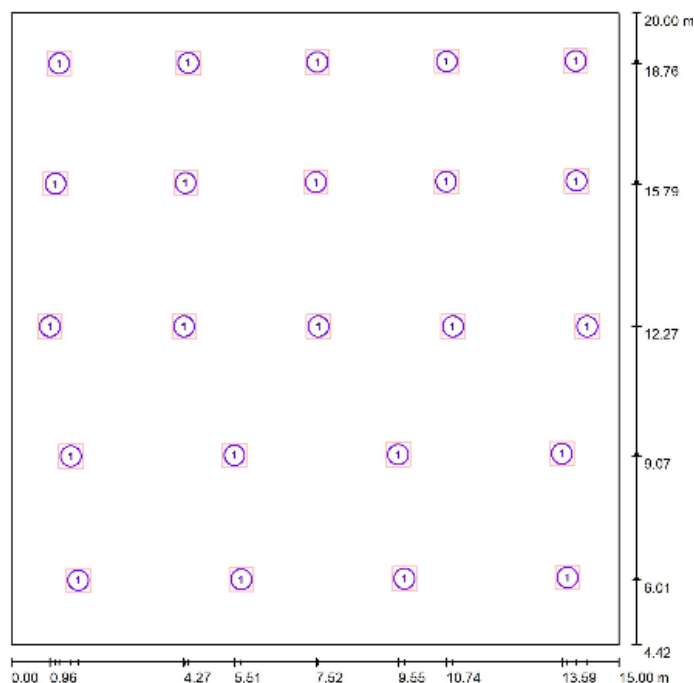


Рисунок 3.9 – План розташування світильників

3.3.2 Застосування «DIALux 4.13» для розрахунку освітленості стадіону «Олімп» ВНТУ

Футбольні стадіони є складними об'єктами з високими вимогами до освітлення. При цьому на стадіонах дуже важливо забезпечити комфортні умови для гравців та учасників спортивних змагань, глядачів та відеозйомки. Тому, проектуючи стадіони, необхідно звертати особливу увагу на норми і правила ([38] [39]).

Норма освітленості для даного типу стадіону 200 лк. Для освітлення було обрано металогалогенну лампу типу MQI2000/T9/40 потужністю 2 кВт та світловим потоком 17 тис. люменів. Криву сили світла подано на рисунку 3.10.

Для кріплення світильників було обрано щогли вуличного освітлення МВВЧ-12 із висотою 12 м. Було проаналізовано 4 варіанти розміщення і направлення світильників [40] (рис. 3.11) і обрано найбільш оптимальний.

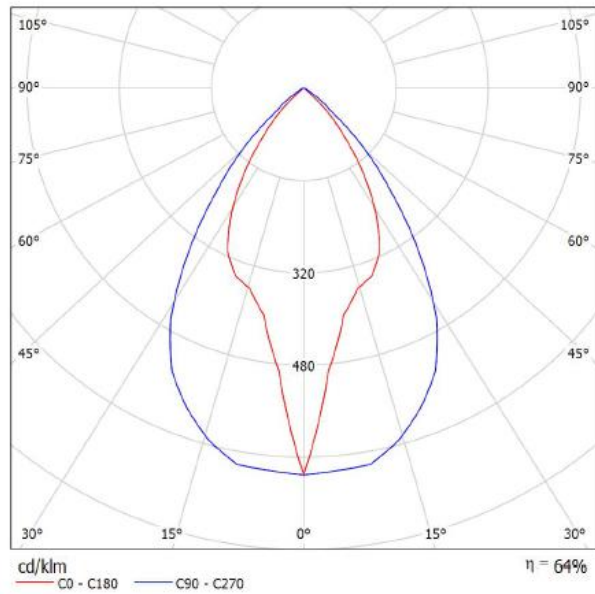


Рисунок 3.10 – Крива сили світла MQI2000/T9/40

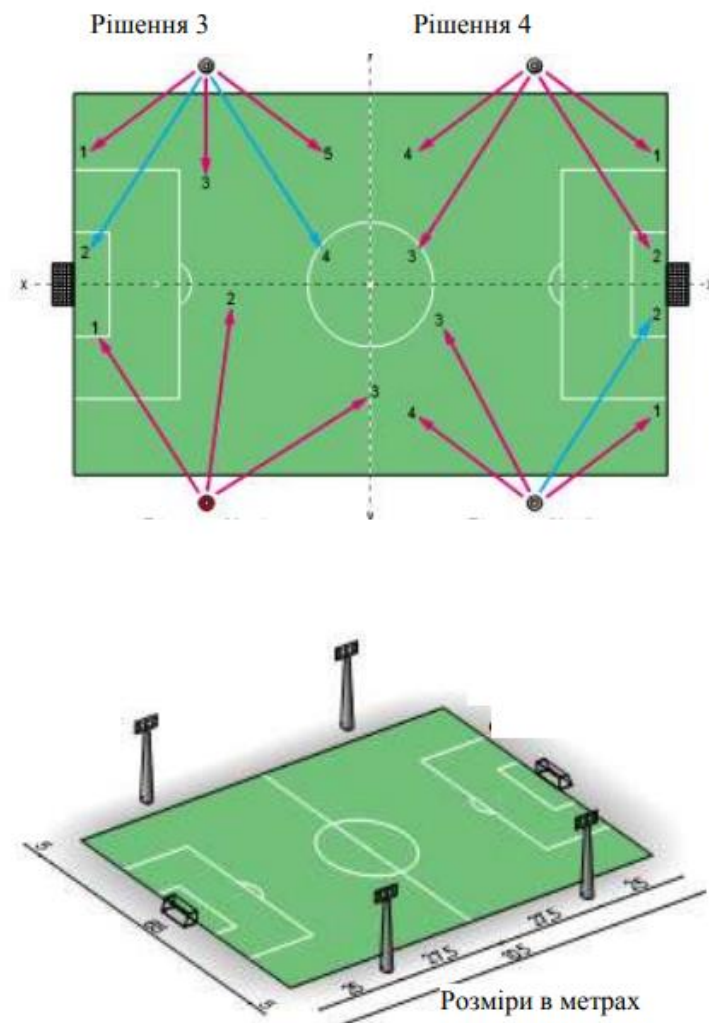


Рисунок 3.11 – Чотири варіанти освітлення футбольного поля

На рис. 3.12 – 3.14 показано візуалізацію та ізолінії освітлення футбольного поля.

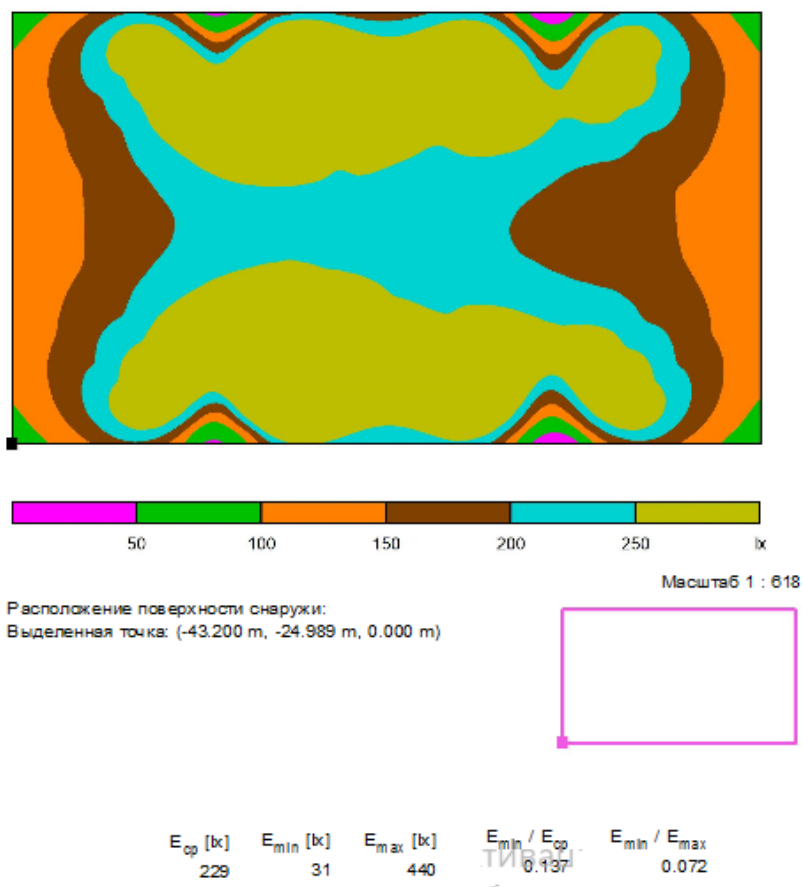


Рисунок 3.12 – Результати розрахунку (градація сірого)

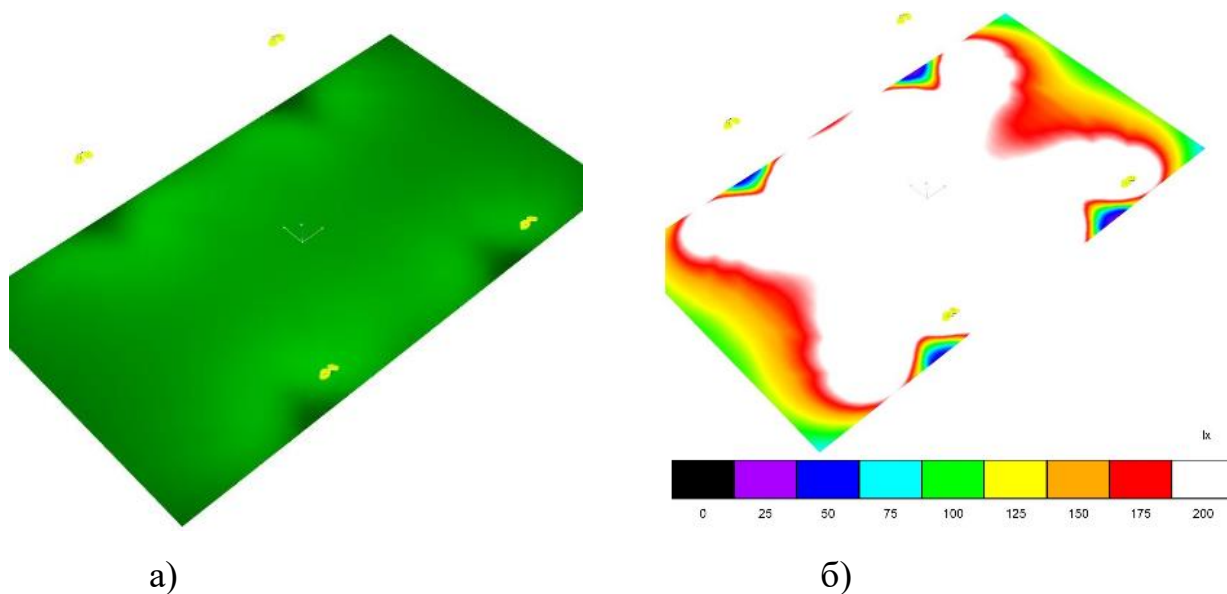


Рисунок 3.13 – а) 3D візуалізація освітлення поля;

б) 3D візуалізація в фіктивних кольорах

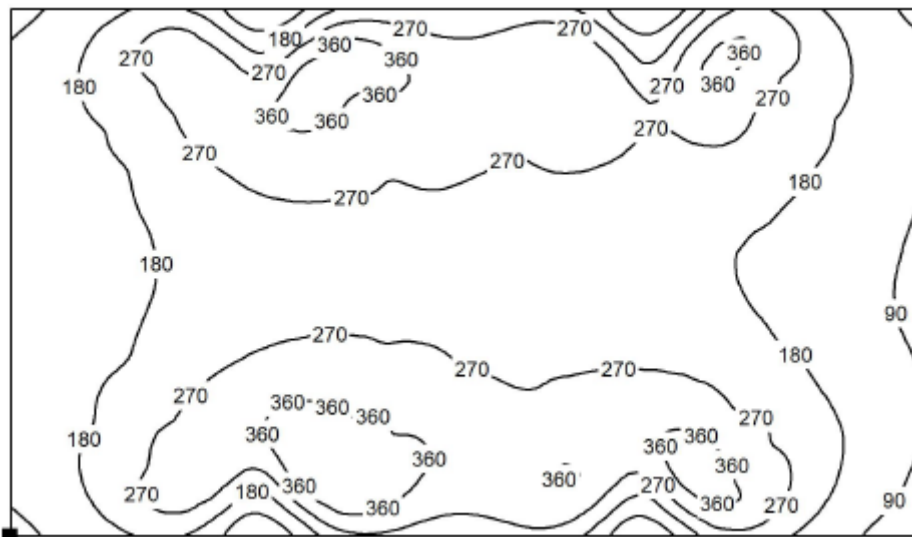


Рисунок 3.14 – Ізолінії футбольного поля

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

4.1.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Відповідно до схеми електричної мережі університету, показаної на рис. 4.1, та вихідних даних, приведених у табл. 4.1 – 4.3, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрати в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

№	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів
ТП 1	ТМ-1000	1
ТП 2	ТМ-1000	1
ТП 3	ТМ-1000	1
ТП 4	ТМ-1000	1
ТП 4	ТМ-1000	1

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина (м)	Марка кабелю	Кількість
РП – ТП1	150	ААБ 3х50	1
РП – ТП2	200	ААБ 3х50	1
РП – ТП3	325	ААБ 3х50	1
РП – ТП4	300	ААБ 3х50	1
РП – ТП5	385	ААБ 3х50	1

Таблиця 4.3 – Розрахункова потужність цехів підприємства

Найменування цеху	Кількість змін	Розрахункова потужність, кВт
1.	1	684
2.	1	705
3.	1	586
4.	1	619
5.	1	726

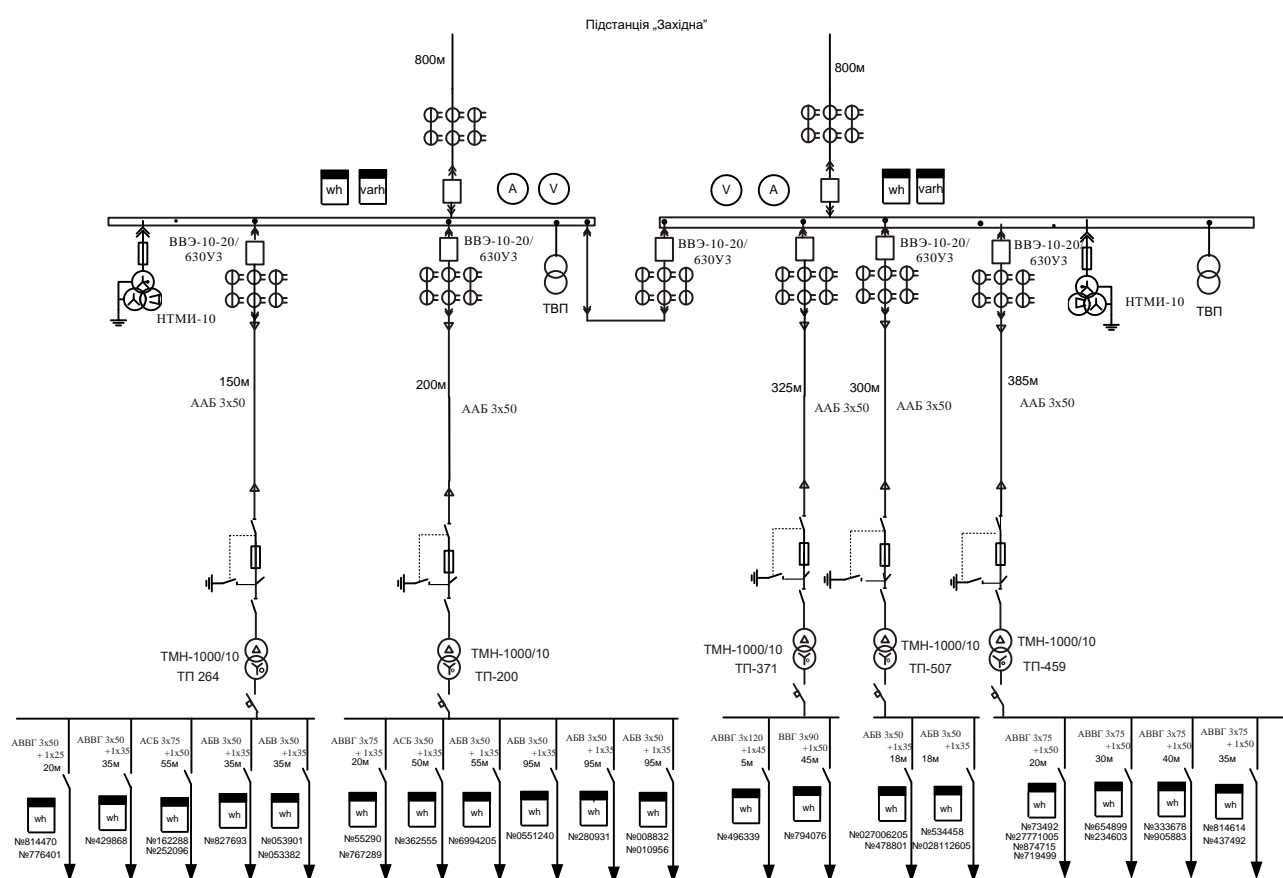


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.1.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 5.4 і табл. 5.5 [25].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де: $K_{пит}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км (табл. 2.4, 2.5 [25]);

$K_{прок}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

N – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від РП до ТП1 (ААБ 1(3x50)) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L = (9,9 \cdot 1 + 2,73) \cdot 0,15 = 12,63 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{пит}$, тис.грн	$K_{прок}$ тис.грн	$K_{л}$, тис.грн
РП-ТП1	ААБ 3x50	1	0,15	9,9	2,73	12,63
РП-ТП2	ААБ 3x50	1	0,2	12,2	2,73	14,93
РП-ТП3	ААБ 3x50	1	0,325	21,45	2,73	24,18
РП-ТП4	ААБ 3x50	1	0,3	19,8	2,73	22,53
РП-ТП5	ААБ 3x50	1	0,385	14,3	2,73	16,34
РАЗОМ						74,27

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^l K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.2)$$

де: $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [1]);

l – кількість підстанцій;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

З табл. 2.7–2.8 [25] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{псі}} = 132 + 26,4 = 158,4 \text{ тис.грн};$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип трансформатора	Кількість тр-рів	$K_{\text{од}}$, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	1	132	26,4	158,4
КТП-2	ТМ-1000	1	132	26,4	158,4
КТП-3	ТМ-1000	1	132	26,4	158,4
КТП-4	ТМ-1000	1	132	26,4	158,4
КТП-5	ТМ-1000	1	132	26,4	158,4
РАЗОМ					633,6

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій, приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною (20–25) тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 7 \cdot 25 = 175 \text{ тис. грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 633,6 + 175 = 821,4 \text{ тис.грн.}$$

Вартість трансформаторів НТМИ-10 складає 6,2 тис. грн., ТВП 200 грн.

$$K_{\text{тр}} = 6200 \cdot 2 + 200 \cdot 2 = 12,8 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно, сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства

$$K = 83,396 + 8119,6 + 12,8 = 895,67 \text{ тис.грн.}$$

Отже, в даному розділі було розраховано капіталовкладення в систему електропостачання, в лінії електропередач, для електричних підстанцій, вартість вимикачів, підстанцій з вимикачами, трансформаторів. Повна величина капітальних вкладень склала 895,67 тис. грн.

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість, відповідно, визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

де: Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл. 2.12 [25]);

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Для схеми, представленої на рис. 5.1, трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 16 \cdot 7 = 112.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{зм} = 2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [25].

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{то} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{ср} \cdot K_{зм} \cdot h, \quad (4.4)$$

де: 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування, люд.-год. (табл. 2.13 [25]);

$K_{ср}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування одиниці енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{ср} = 0,1$;

h – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 10 кВ, люд-год/рік:

$$T_{то} = 12 \cdot 16 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 1 = 38,4.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.7.

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-сть, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудо місткість люд.-год.	К-сть на одиницю обладнання огл./рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудо місткість люд.-год.
Вимикач 10кВ, шт	7	1	16	112	12	1	84
ТМ-1000	4	0,33	120	158,4	12	20	960
НТМИ-10	2	1	16	32	12	1	24
ТВП	2	1	16	32	12	1	24
Кабельна лінія 50 мм ² , км	0,975	1	46	44,85	1	11,5	11,21
Разом:				379,25			1103,2

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	Кількість, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.-год.
		Змінність роботи	Коеф. склад. ремонтів Кср	К-сть місяців в році	Загал. трудомісткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ, шт	7	1	0,1	12	134,4	218,4
ТМ-1000	4	1	0,1	12	576	1536
НТМИ-10	2	1	0,1	12	38,4	62,4
ТВП	2	1	0,1	12	38,4	62,4

Продовження таблиці 4.7

Кабельна лінія 50 мм ² , км	0,975	1	0,1	12	53,8	65,01
Разом:						1944,21

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{1944.21}{1900 \cdot 1,1} = 0,93$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{379.25}{1900 \cdot 1,05} = 0,4$$

Приймаємо $H_{тр} = 1$ чол., $H_{обс} = 1$ чол.

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{ге} \cdot \Phi_d, \quad (4.5)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3+K4)/2) \cdot C_1, \quad (4.6)$$

де: $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [25];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_1 = 985 \cdot 1/176 = 5,6 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18+1,27)/2) \cdot 5,6 = 4,2 \text{ грн./год.}$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 1 \cdot 0,9 \cdot 4,2 \cdot 1900 = 7182 \text{ грн./рік.}$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.7)$$

$$t_{гр} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1, \quad (4.8)$$

де: K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [25].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 5,6 = 7,4 \text{ (грн./год.)}$$

$$\Phi_p = 379,25 \cdot 7,4 = 2806,45 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.9)$$

де: Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 – частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 7182 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 9049,32 \text{ (грн./рік)}.$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 2806,45 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 3676,5 \text{ (грн./рік)}.$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.10)$$

$$\Phi_{оед} = 9049,32 \cdot 1,15 = 10406,7 \text{ грн./рік.}$$

$$\Phi_{орд} = 3676,5 \cdot 1,15 = 4227,9 \text{ грн./рік.}$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.11)$$

де: $\beta_{п}$ – нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

$\beta_{з}$ – нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ – нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 10406.7 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 14049.1 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 4227.9 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 5707.7 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [25]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [25], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу (грн.)	Норми витрат матеріалів на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і обслуговування (грн.)				Вартість матеріалу, (грн.)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Силові трансформатори		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Сталь сортова, кг	2,497	6	7	7	10	14,9	17,5	17,5	24,9
Провід установлюваний, м	1,036	0,5	0,5	0,5	0,5	1,3	0,52	0,5	0,5
Мідь-алюміній (гола), кг	23,25	62	73	73	79	1441	1697	1697	1836
Картон електроізоляційний, кг	11,21	1,4	1,6	1,6	1,7	15,7	17,9	17,9	19,1
Лакоткани-на (ширина 700мм), м	31,09	0,2	0,21	0,21	0,3	6,2	6,5	6,5	9,3
Кабельний папір, кг	9,167	0,6	0,6	0,6	0,6	5,5	5,5	5,5	5,5
Стрічка кіперна, кг	112,1	40	41	41	42	4484	4596	4596	4708
Стрічка тафтяна, кг	83,28	18	24	24	28	1499	1999	1999	2331
Стрічка азбестова, м	2,454	0,05	0,08	0,08	0,09	0,12	0,20	0,20	0,22

Продовження таблиці 4.8

1	2	3				4			
Лаки ізоляційні, кг	13,41	1,5	1,6	1,6	1,8	20,11	21,45	21,45	24,13
Емалі грунтові, кг	14,71	2,5	3,1	3,1	3,2	36,78	45,60	45,60	47,07
Масло трансфор- маторне, кг	4,545	0,58	1,2	1,2	1,3	2,64	5,45	5,45	5,91
Бензин, кг	2,306	0,7	0,9	0,9	1	1,61	2,08	2,08	2,31
Розчиники кг	6,499	0,8	1	1	1,2	5,20	6,50	6,50	7,80
Маслостій-ка гума, кг	16,67	0,4	0,5	0,5	0,6	6,67	8,33	8,33	10,00
Гума профільна, кг	16,67	0,13	0,09	0,09	0,09	2,17	1,50	1,50	1,50
Припій олов'яно- свинцевий, кг	158,7	0,02	0,02	0,02	-	3,18	3,18	3,18	-
Припій мідно- фосфорний, кг	29,5	0,03	0,03	0,03	-	0,89	0,89	0,89	-
Електроди, кг	5,48	0,15	0,2	0,2	0,3	0,82	1,10	1,10	1,65
Засоби кріплення, кг	6,98	2	2,5	2,5	3	13,97	17,46	17,4	20,95
Дріт кручений,	0,91	0,3	0,3	0,3	0,37	0,27	0,27	0,27	0,34
Матеріали обтиску, кг	9,09	0,4	0,5	0,5	0,5	3,64	4,55	4,55	4,55
Разом:						7566	8459	8459	9063

Закінчення таблиці 4.8

Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	2,497	2	4,99
Електроди, кг	5,484	0,1	0,55
Разом:			5,54

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{ло} \right), \quad (4.12)$$

де: C_{oi} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів;

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів;

L – сумарна довжина кабелів;

$C_{ло}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{мр} = 0,01 \cdot ((158,4 + 32 + 32) \cdot 7566 + 44,85 \cdot 5,54) = 16829,26 \text{ грн / рік};$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{мто} = 0,01 \cdot ((62,4 + 62,4 + 1536) \cdot 7566 + 65,01 \cdot 5,54) = 125659,73 \text{ грн / рік}.$$

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.13)$$

$$C_{\text{обс}} = 14049,7 + 125659,73 = 139708,8 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.14)$$

$$C_{\text{пр}} = 5707,7 + 16829,26 = 22536,96 \text{ грн/рік}.$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.15)$$

де: a – норма амортизації, %;

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 895,67 = 53,7 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальноуніверситетських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a), \quad (4.16)$$

де: $\beta_{\text{іп}}$ – коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (139708,8 + 22536,96 + 53700) = 53986,44 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	139708,8	51,7
Поточний ремонт	22536,96	8,3
Амортизаційні	53700	19,9
Інші витрати	53986,44	20,1
Разом:	269932,2	100

4.3 Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.17)$$

де: P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-го цеху, год.;

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	Кількість змін	T_m , год.	P_p , кВт	$\cos \varphi$	E_a , кВт*год./рік
1.	1	2500	648	0,7	1620000
2.	1	2500	705	0,75	1762500
3.	1	2500	586	0,65	1465000
4.	1	2500	619	0,7	1547500
5.	1	2500	712	0,7	1368000
РАЗОМ			2558		6395000

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.18)$$

де: I_m – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік;

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.19)$$

де: r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [25]).

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження T_m :

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{2500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1225,31 \text{ год.}$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1:

$$R = 0,769 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ЦРП-ТП1:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot 1 \cdot 42^2 \cdot 0,12 \cdot 1225,31 \cdot 10^{-3} = 778,12 \text{ кВт*год./рік.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати електроенергії в лініях

Найменування лінії	Марка кабелю	К-сть каб елів	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{л}$, кВт*год.
РП-ТП1	ААБ 3x50	1	0,15	42	0,12	1225,31	778,12
РП-ТП2	ААБ 3x50	1	0,2	39,17	0,15	1225,31	845,99
РП-ТП3	ААБ 3x50	1	0,325	35,7	0,25	1225,31	1171,2
РП-ТП4	ААБ 3x50	1	0,3	35,8	0,23	1225,31	1083,58
РП-ТП5	ААБ 3x50	1	0,15	36,12	0,12	1225,31	763,45
РАЗОМ						3878,89	

Втрати електроенергії в трансформаторах визначають за формулою, тис. кВт*год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.20)$$

де: n – кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$ і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p – час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_ϕ – фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_n – номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 1 \cdot 2,4 \cdot 8760 + (1/1) \cdot 12 \cdot \left(\frac{956}{1000} \right)^2 \cdot 1225,31 = 223685,26 \text{ кВт}\cdot\text{год./рік}.$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ-1000	1	2,4	12	956	1000	223685,26
КТП-2	ТМ-1000	1	2,4	12	967	1000	223996,3
КТП-3	ТМ-1000	1	2,4	12	929	1000	222936,9
КТП-4	ТМ-1000	1	2,4	12	925	1000	22827,87
КТП-5	ТМ-1000	1	2,4	12	956	1000	223996,3
РАЗОМ							893446,33

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт*год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T, \quad (4.21)$$

$$E = 6395000 + 3878,89 + 893446,33 = 7292325,2 \text{ кВт}\cdot\text{год./рік}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

у разі застосування одноставкового тарифу:

$$П = 1,08 \cdot 7292325,2 = 7875711,24 \text{ тис. грн.}$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.22)$$

де: $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;
 E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = П + C_{\text{п}}, \quad (4.23)$$

де: П – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.24)$$

де: $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік.

$$C_{\pi} = 139708,8 + 22536,96 + 53700 + 53986,44 = 269932,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 7875711,24 + 269932,2 = 8145643,44 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = (8145643,44 \times 100) / 6395000 = 327,2 \text{ (коп./кВтгод.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.13.

Таблиця 4.13 – Загальні результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисної споживаної підприємством ел.енергії	Еа	6395000	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії з урахуванням втрат	Е	7292325,2	кВт·год.
Плата ен.системі за ел.енергію:	П	7875711,24	грн.
Річні витрати на передавання і розподіл ел.енергії	С _π	269932,2	грн.
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	8145643,44	грн.
Собівартість електроенергії	S	327,2	коп./кВт·год.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У сфері охорони праці визначаються стандарти вимог, які є обов'язковими для всіх роботодавців, удосконалюється механізм управління національною системою охорони праці, державного нагляду за додержанням законодавства щодо охорони праці в Україні.

Значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Проявляється значення охорони праці в зростанні продуктивності праці, збереженні трудових ресурсів і збільшенні сукупного національного продукту.

Що саме роботодавець має виконувати у сфері безпеки праці визначають нормативно-правові акти з охорони праці, з метою усунення причин ситуацій, які можуть бути небезпечними для життя і здоров'я працівника.

Розглядаються умови охорони праці в приміщенні котельні ВНТУ. В приміщенні котельні ВНТУ встановлено водогрійний котел, що призначений для відпуску теплової енергії. При роботі в котельні згідно з ГОСТ 12.0.003-74 на оперативно-ремонтний персонал котельні діють наступні небезпечні та шкідливі фактори [27]:

1. фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та температура робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці та підвищений рівень вібрації;
- недостатність природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена швидкість руху повітря;

2. хімічні:

- загальнотоксичні речовини (оксид вуглецю, двоокис азоту, ангідрид сірчаний – див. таблицю 6.2);

3. психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні)
- нервово-психічні перевантаження (перенапруги аналізаторів, монотонність праці)

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Для живлення обладнання котельні використовується чотирипровідна трифазна електромережа з глухозаземленим нульовим проводом напругою 380 × 220В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78, умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною. Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується занулення. Крім того, безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки, повинні користуватися ЗІЗ – спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості. Кріпиться до устаткування так, щоб його можна було зняти тільки за допомогою спеціальних інструментів.

Місцем роботи оператора котельні є пульт керування, представлений на рисунку 5.1.

Для зручного і безпечного обслуговування котлів, повинні бути встановлені постійні площадки і сходи з перилами висотою не менше 0,9м з суцільною обшивкою низом не менше 100 мм.

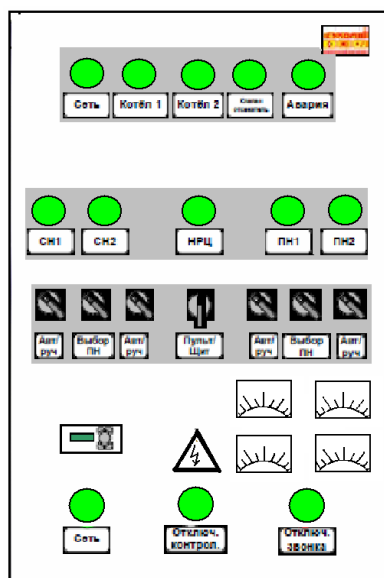


Рисунок 5.1 – Пульт керування котельнею

Перехідні площадки і сходи повинні мати перила з обох боків. Площадка довжиною 5м повинні мати не менше двох сходів, розміщених в протилежних кінцях. Проходи в котельні повинні мати вільну висоту не менше 2 м.

Забороняється встановлення в одному приміщенні з котлами устаткування, що не має прямого відношення до обслуговування або ремонту котлів або до технології гарячої води[28, 29].

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

В приміщенні котельні мікроклімат характеризується наступними показниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону приміщення, допустимі – на постійні і непостійні робочі місця робочої зони. Допустимі показники встановлюються у випадках, коли по технологічним, технічним та економічним причинам неможливе забезпечення оптимальних показників.

Допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (легка Іб) відповідно до [30] наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату відповідно до [30]

Період року	Категорія робіт	Допустима температура на робочих місцях, °C		Допустима відносна вологість на постійних та непостійних робочих місцях	Допустима швидкість руху кисню на постійних та непостійних робочих місцях, м/с
		Постійних	Непостійних		
Холодний	Легка Іб	21-23	18-25	75	не більш 0,2
Теплий	Легка Іб	22-24	19-28	60 (при 27 °C)	0,1-0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату у приміщенні влаштовується припливно-витяжна вентиляція.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Згідно з діючими нормативними документами повітря, що надходить у робочі приміщення має бути очищене від забруднень, в тому числі від мікроорганізмів (ВСНиПРВЦ). Запиленість повітря не повинна перевищувати вимог, викладених у СН 512-78.

Котельня працює на природному паливі. При згоранні газоподібного палива виділяються такі шкідливі речовини, як оксиди вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид та інші.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони приміщенні котельного залу не повинна перевищувати ГДК, згідно із ГОСТ 12.1.005-88. [30] (показано у табл. 5.2).

Для забезпечення складу повітря робочої зони у приміщенні влаштовується припливно-витяжна вентиляція.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери (ГДК)

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Азоту двоокис NO ₂	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO ₂	0,5	0,05	3
Вуглець (окис CO)	3	1	4

5.2.3 Освітлення робочої зони

За нормативними вимогами СНиП 11-4-79 «Природне та штучне освітлення» [31], приміщення котельного залу освітлюється комбінованим освітленням.

Несприятливі умови освітлення погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Крім робочого освітлення необхідно також передбачити аварійне освітлення.

Робоче і аварійне освітлення, електричне устаткування і його заземлення повинні відповідати вимогам ПУЄ.

Характеристика зорової роботи – загальні спостереження за проведенням виробничого процесу (постійне).

Відповідно до [31, 32] природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення (КПО) або e .

$$e = E_{вн}/E_{зов} * 100\%, \quad (5.1)$$

де: $E_{вн}$ – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{зов}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, що вимірюється одночасно з $E_{вн}$, лк.

Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт VIIa, бокове природне освітлення, пояс світлового клімату IVб), нормативне значення коефіцієнта e_{min} для III-го поясу світлового клімату дорівнює 0,3% [31,32]. Знаходимо коефіцієнт природної освітленості для міста Вінниця, що знаходиться в IV поясі світлового клімату.

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (5.2)$$

де: e_H – значення КПО за таблицею 1.2 ($e_H = 0,9$);

m_N – коефіцієнти світлового клімату ($m_N = 1,5$) [31,32].

$$e_N = 0,9 \cdot 1,5 = 1,35\%,$$

Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт - VIII, підрозряд робіт - а, загальне освітлення, тип джерела освітлення - люмінесцентні лампи), нормативне значення освітленості складає 75 (лк) [31,32], при комбінованому – 300 (лк).

Для економії електроенергії, а також для створення високого рівня освітленості в приміщення важливим є правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення.

Розташування виробничого обладнання повинно виконуватись в напрямку падіння сонячного проміння.

Експлуатація електричних пристроїв включає [27]:

- регулярне очищення віконних проїм будівель від забруднень;
- своєчасну заміну перегорілих ламп і контроль за рівнем напруги в освітлювальній мережі;
- реалізацію заходів, що сприяють зменшенню забруднення скла, як, наприклад, покриття скла спеціальними прозорими плівками, що легко видаляються при очищенні тощо;

- підвищення загального рівня культури експлуатації будівель, що забезпечує чистоту повітря у приміщенні і відсутність викиду в атмосферу пилу, а також регулярне фарбування та побілку.

Очищення скла у приміщеннях, де ведуться роботи з незначними виділеннями пилу, провадяться не рідше одного разу в рік, а побілка стелі і стін приміщень не рідше одного разу в три роки [27]. Очистку світильників рекомендується проводити не рідше двох разів на місяць. Ця робота може бути доручена тільки електрикам і повинна провадитися при відключеній напрузі в електромережі.

До обов'язкового обладнання аварійним освітленням належать наступні місця[27]:

- а) димососні площадки
- б) щити та пульти управління;
- в) водовказівні і вимірювальні прилади;
- г) площадки і драбини котлів
- д) вентиляторні площадки;
- е) зольні приміщення котлів, а також проходи між котлами, позаду котлів і над котлами;
- ж) насосні приміщення
- з) устаткування водопідготовки;
- і) приміщення для баків та деаераторів
- к) насосні приміщення;

5.2.4 Виробничий шум

Виробничий шум негативно впливає на продуктивність праці та здоров'я працівника. Так, при тривалій роботі в шумних умовах перш за все уражається центральна нервова та серцево-судинна системи також органи травлення впливає на психіку і т. п. Джерелом шуму в приміщення котельні є шум від двигунів, вентиляторів та димососів.

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку на робочому місці.

Робоче місце	Рівні звуку тиску, в дБ в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Діючий рівень звуку в приміщенні становить 76 – 78 (Дб), що знаходиться в межах норми.

Захист від шуму повинен досягатись розробкою шумобезпечної техніки застосуванням засобів індивідуального захисту, а також будівельно-акустичними методами.

Основні технічні міри по зменшенню шуму:

- правильність проектування масивних фундаментів під віброактивне обладнання (дробилки, сепаратори, нагнітачі) з урахуванням динамічних навантажень;
- ізоляція фундаментів під віброактивне обладнання від несучих конструкцій та інженерних комунікацій;
- застосування віброзатримуючих гнучких вставок на вихлопі з нагнітачів;
- застосування вібропоглинаючого резинового покриття;
- звукоізоляція шумних машин кожухами.

5.2.5 Вібрація

Систематичний вплив вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я і може стати причиною погіршення здоров'я. Вона впливає на нервову систему, серце, вестибулярний апарат, може порушити обмін речовин, сон людини і т.д.

Джерелом вібрації в першу чергу є насоси, вентиляційні установки, котли для спалювання газу, ГПД. Від працюючого устаткування, системи вентиляції на працюючих може діяти негативний виробничий фактор – вібрація.

Загальна вібрація на виробничій дільниці по джерелу виникнення відноситься до категорії третього типу «а» – технологічна, критерій оцінки – межа зниження продуктивності праці. Ця вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або передається на робочі місця, де немає джерела вібрації.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

З метою зменшення дії вібрації обладнання встановлені на віброізолюючих амортизаторах і окремих фундаментах, а між вентиляційними установками та газоходами встановлені гнучкі вставки. Зменшення рівень вібрації від джерела збудження за допомогою введення в систему додаткових реактивних опорів (віброгасіння). Застосовується для зменшення вібрації кожухів, коливання яких виникає в резонансовому режимі (вібропоглинання). Також знижують вібрації впливом на джерело збудження, відхиленням від режиму резонансу, динамічним гасіння коливань.

5.3 Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання ВНТУ в умовах дії загрозливих чинників НС

Вплив радіації на матеріал і деталі обладнання залежить від виду випромінювань, дози радіації і умов оточуючого середовища. В елементній базі системи енергоспоживання під дією іонізуючих випромінювань можливі зміни

електричних і експлуатаційних характеристик, що залежать від порушення структури матеріалів.

В автоматичній системі енергоспоживання використовуються елементи, до складу яких входять матеріали, метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та інші органічні сполуки (діелектрики, смоли та інше). Серед цих матеріалів є метали найбільш чутливі до дії радіації.

При великих дозах випромінювання елементи втрачається працездатність комплектуючих елементів системи автоматичного регулювання та іншої електроапаратури.

Проходячи через елементи системи потік гамма - квантів створює в них вільні носії зарядів. В результаті цього підвищується провідність матеріалів, знижується опір. Ці зміни існують декілька секунд, викликаючи тимчасову відмову в роботі апаратури. Але в ряді випадків іонізуюче випромінювання може надовго вивести систему з ладу.

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на системи енергоспоживання має вплив електромагнітного імпульсу. Він може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві, а в подальшому розвитку можливі і вибухи. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

5.3.1 Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання ВНТУ в умовах дії іонізуючого випромінювання

Нормальна робота приладу буде залежати від таких елементів, як транзистори, мікросхеми, резистори, конденсатори, діоди.

За критерій безпеки роботи технологічного обладнання в цих умовах приймається таке значення дози опромінення елементної бази ($P_{зв}$, P) або

граничне значення рівня ($P_{зв}$, $P/год$), при якому можуть виникнути тимчасові зміни, але пристрій буде працювати з потрібною якістю. Отримані значення занесемо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Граничні рівні радіації для технологічного обладнання

№	Блоки	Елементи пристрою	$P_{гр\ i}$, $P/год$	$P_{гр}$, $P/год$
1	Блок живлення	Мікросхеми	10^5	10 ⁴
2	Блок керування	Діоди	10^4	
		Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
		Резистори	$10^7 \dots 10^9$	
3	Силові елементи	Тиристори	10^5	
		Дроселі	10^5	

З наведеної таблиці слідує, що мінімальні значення допустимої дози, при яких в елементній базі можливі необоротні зміни мають діоди $P_{гр}=10^4$, $t_k=50000$ год. $K_{посл}=2$.

Визначимо максимальний рівень радіації:

$$P_{1\max} = \frac{P_{гр} \cdot k_{посл}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{п}})}, \quad (5.3)$$

Підставивши відповідні числові значення в формулу (6.3) отримаємо:

$$P_{1\max} = \frac{10^4 \cdot 2}{2 \cdot (\sqrt{50000} - \sqrt{1})} = 38 \text{ (P/год)}.$$

Визначаємо допустимий час роботи пристрою:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{P_{\text{гр}} \cdot k_{\text{посл}} + 2 \cdot P_{\text{1max}} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}}}{2 \cdot P_{\text{1max}}} \right)^2, \quad (5.4)$$

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 38 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 38} \right)^2 = 47863 \text{ (год)}.$$

Таким чином, допустимий час роботи пристрою складатиме 47863 годин, або 5 років 205 днів 7 годин при максимальному рівні радіації 38 Р/год.

5.3.2 Оцінка безпеки роботи системи енергоспоживання ВНТУ в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерієм безпеки роботи ВНТУ в умовах дії електромагнітного випромінювання можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_{\text{б}} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{г}}} \geq 40, \quad (5.5)$$

де: $U_{\text{д}}$ – допустиме коливання напруги живлення;

$U_{\text{г}}$ – напруга, наведена за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Допустимі коливання напруги живлення:

$$U_{\text{д}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 22 = 268,4 \text{ (В)}.$$

В зв'язку з тим, що окремі елементи приладу можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то стійкість роботи системи в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

З рівняння (5.5) визначаємо:

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\Delta}}{100}, \quad (5.6)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{268,4}{100} = 2,6840.$$

Прийmemo максимальну довжину горизонтальних струмопровідних частин $l_{\Gamma} = 0,007$ м. Тоді вертикальна складова напруженості електричного поля визначається за формулою:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{в}} \cdot l_{\Gamma}, \quad (5.7)$$

Звідси:

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}}, \quad (5.8)$$

$$E_{\text{в}} = \frac{2,684}{0,007} = 2,8.$$

Таким чином, робота СЕП можлива у випадку, якщо не перевищується норма вертикальної напруженості електричного поля 2,8 кВ/м.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості СЕП

З метою зменшення негативного впливу на систему енергоспоживання ВНТУ можна використати наступні методи.

Для боротьби з впливом іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантанідами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній вітчизняний

метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, що розміщується на поверхнях даних елементів, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання, відмінним тим, що захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

Для боротьби з електромагнітним випромінюванням є повне укриття приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура, металічним екраном. Оскільки такий захист в ряді випадків неможливо виконати, то використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металічні конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків. Для захисту від проникнення електромагнітного опромінення в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід від електричних мереж зв'язку до волоконно-оптичних, на які практично не має впливу ЕМІ. Також для захисту кабельних вводів є використання в конструкції фільтрів та встановлення вбудованих діодів.

Таким чином, в ході виконання було розглянуто вплив іонізуючого та електромагнітного випромінювання на компоненти системи виконано розрахунок дози опромінення кожного класу комплектуючих, з результатів чого видно, що ні один з класів елементів системи не зазнає більшого впливу за граничне значення, також розраховано термін безпечної роботи системи. Також було розраховано значення напруженості електричного поля з урахуванням необхідного рівня коефіцієнта безпеки.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено практичне завдання підвищення якості електропостачання Вінницького національного технічного університету.

Основні висновки практичної реалізації, які приведені в роботі, можуть бути узагальнені такими висновками:

1. Зовнішнє живлення університету відбувається з підстанції «Західна» ПАТ «Вінницяобленерго», яка знаходиться на відстані 1,5 км.

2. Обрана оптимальна схема електропостачання радіального типу, яка базується на використанні п'яти трансформаторних підстанцій з трансформаторами типу ТМ-1000 кВА для живлення споживачів університету.

3. Потужність трансформаторів обрана з розрахунку електричних навантажень університету з дотриманням діючих нормативних документів.

4. Вибрано сучасне електрообладнання фірми ЕТІ (Словенія) серії ЕТІВРЕАК від 25 А. Все обладнання перевірене на дію струмів коротких замикань.

5. На базі розрахунків за струмами навантаження обрано перерізи і марки провідниково-кабельного матеріалу (на напругу 10 кВ – кабель ААБ, на напругу 0,4 кВ – кабель АВВГ та провід АПВ).

6. За діючими ДБН і ПУЕ визначений спосіб прокладки кабелів і проводів.

7. За допомогою спеціального програмного комплексу Dialux розраховані кількість і розміщення світильників для зовнішнього і внутрішнього освітлення. Для освітлення рекомендовано впровадження сучасних LED світильників, що дає значну економію електроенергії при освітленні за санітарними нормами.

8. Виконаний аналіз роботи всієї системи енергопостачання ВНТУ.

9. Визначенні основні техніко-економічні показники системи електропостачання ВНТУ (кількість корисної споживаної електроенергії, річне споживання електроенергії з урахуванням втрат, плата енергосистемі за спожиту електроенергію).

10. Прийняті технічні та мобілізаційні рішення з безпечної експлуатації споживачів електроенергії ВНТУ.

За одержаними результатами магістерської кваліфікаційної роботи була зроблена доповідь на обласній науково-технічній конференції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X.: Міненерговугілля України, 2014.
2. ГОСТ 14209-97 «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов».
3. ГОСТ 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия».
4. РД 153-34.0-15.501-00 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии».
5. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р.
6. СНиП II-4.79 – «Естественное и искусственное освещение».
7. СНиП 23-05-95 – «Естественное и искусственное освещение».
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г.М. Кнорринга. -Л.: Энергия, 1976.-384с.
9. РТМ 36.18.32.4-92 – «Методика расчёта электрических нагрузок».
10. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.
11. Электроснабжение: учебное пособие по дипломному проектированию / Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов.– Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
12. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрального електричного мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
13. Електропостачання промислових підприємств (Курсове проектування). Навч., посібник/М. Й.Бурбело .- Вінниця:ВДТУ ,1998-104с.
14. ГОСТ 12.0.003-74 – «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
15. ДНАОП 0.03-3.01-71 – «Санитарные нормы проектирования

промышленных предприятий».

16. ГОСТ 12.1.008-83 - «Шум. Общие требования безопасности».

17. ГОСТ 12.1.012.-90 - «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования».

18. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей /Уклад. О.В. Кобилянський , О.П. Терещенко – В .: ВНТУ, 2003.- 46 с.

19. ГОСТ 12.0.003 – 74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

20. ГОСТ 12.1.030 – 81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

22. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

23. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

24. Тарифи на електроенергію для споживачів ПАТ "Вінницяобленерго" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hoe.com.ua/index_21.html

25. Каталог конденсаторных установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>

26. Кабельно-проводникова продукція [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>

27. Трансформатори силові [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>

28. Експлуатація освітлювальних установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html

29. Васильев А.С., Боровиков Ю.С., Прохоров А.В. Специализовані гібридні процесори для всережимного моделювання в реальному часі пристроїв FACTS / Энергетика очима молоді: Наукові праці III міжнародної науково-технічної

конференції - Єкатеринбург, 22-26 жовтня 2012 р.

30. Hingorani N.G., Gyugyi L. "Understanding FACTS concepts and technology of flexible AC transmission systems". IEEE Pres. 1999.

31. Поссе А.В. Регулирование активной и реактивной мощности инвертора напряжения. - Известия, Энергетика, 2000.

32. MATLAB – высокоуровневых язык технических расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.ru/products/matlab>

33. Н.П. Дорофеев, И.И. Карташев, В.Н. Тульский и др. Управление качеством энергии. МЭИ 2006 - 320 с.

34 Simulink – моделирование и симуляция динамических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.ru/products/simulink>

35 Проектування робочого освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://bezremonta.net/elektrika/2380-.html>

36. СН 32.23-85 "Санитарные нормы допустимого шума на рабочих местах".

37. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. в Украине с 01. 01. 99.

38. Гольстрем В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – К. : Техніка, 1985. – 383 с.

39. Н. Л. Андрійович, С. В. Олександрович, В. Ю. Олегівна, Л. О. Миколаївна Компютерне моделювання освітлення спортивних споруд : Навчальний посібник. / Н. Л. Андрійович, С. В. Олександрович, В. Ю. Олегівна, Л. О. Миколаївна – Харків: ХНАМГ, 2011. – 217 с.

40. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»

41. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди : ДБН В.2.2 – 13 – 2003: Держбуд України: затв. 10.11.03: чинний з 01.03.2004. – К. : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2004. – 102 с

42. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В.2.5 – 23 – 2003 : Держбуд України : затв. 24.09.03 : чинний з 01.06.2004. – К. : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2004. – 134 с.

43. Сайт розробника програми DIALux [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dialux.de/>

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

_____ 2019р.
“ ” _____

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

«Аналіз системи електропостачання Вінницького національного технічного
університету з оцінкою ефективності систем внутрішнього та зовнішнього
освітлення за допомогою САПР Dialux»

08-17.МКР.011.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кравець О.М. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 18м

Кобильченко В.Г. _____
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .19р.

Дата початку роботи ____ . ____ .19р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .19р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – підвищення якості та надійності електропостачання ВНТУ на базі аналізу існуючої системи електропостачання з використанням діючих методик розрахунку та використанням сучасного електротехнічного обладнання. Виконати оцінку зовнішнього і внутрішнього освітлення з використанням сучасних джерел світла;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан ВНТУ (об'єкта); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження ВНТУ (об'єкта, дільниці, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X.: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». –
Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

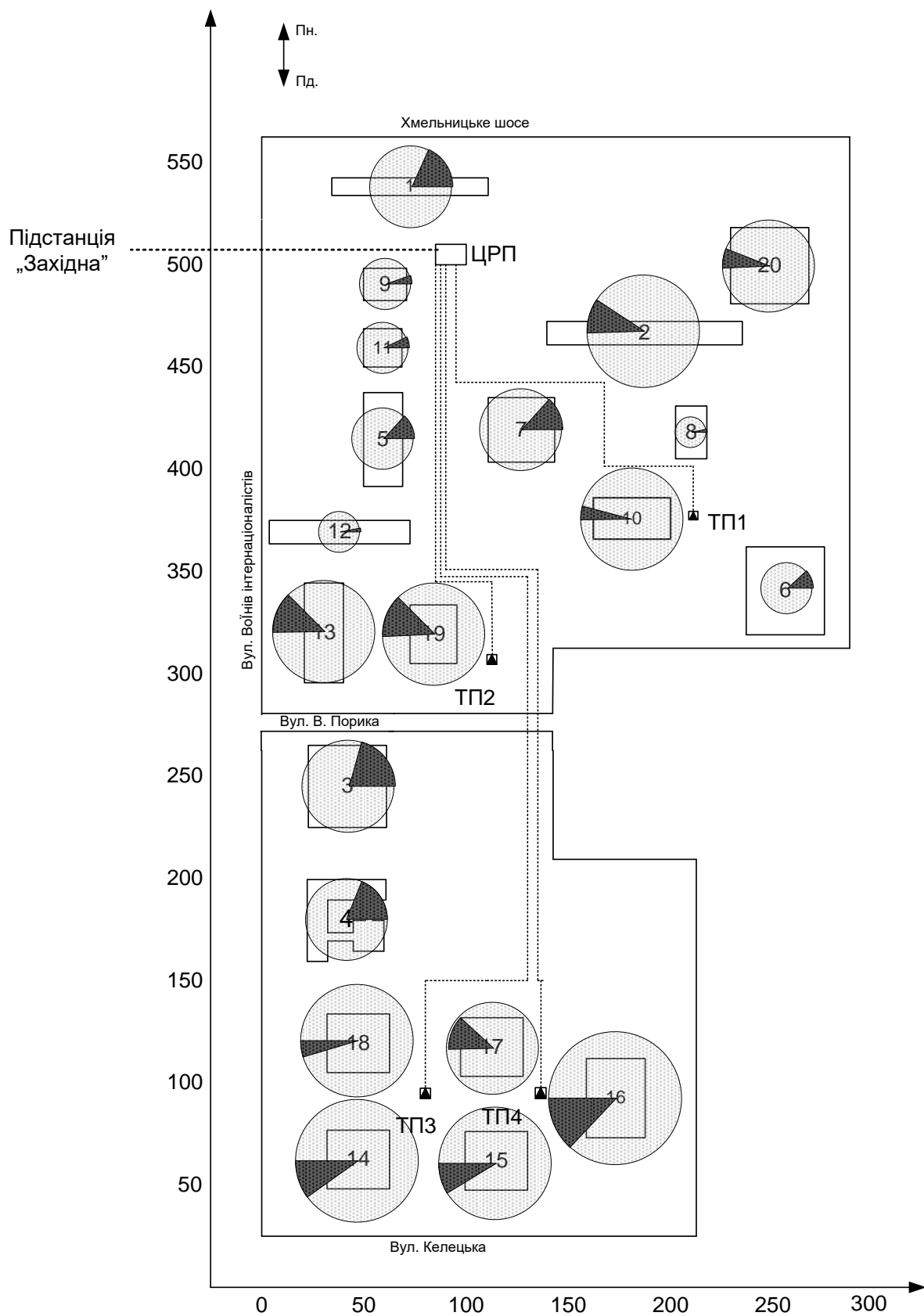
7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

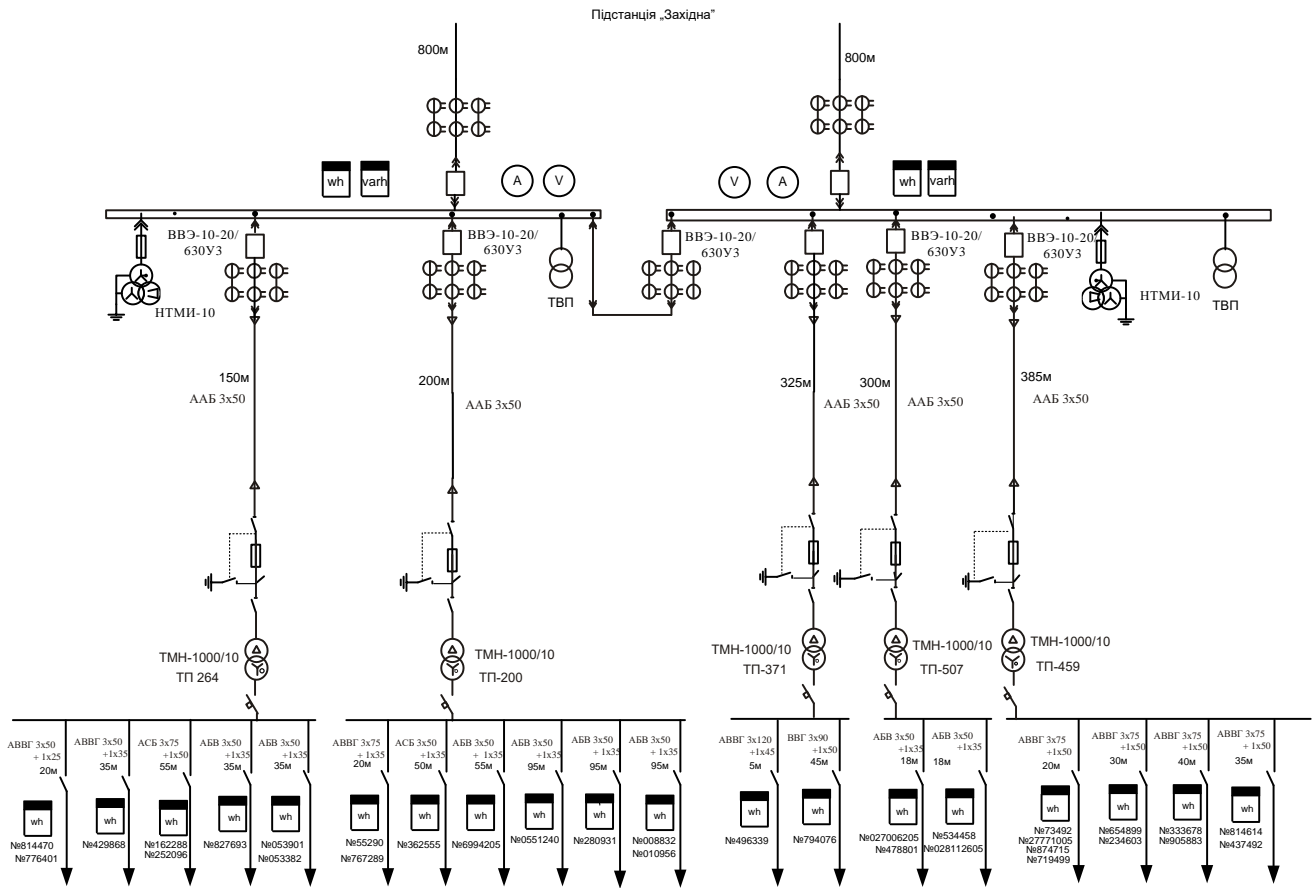
8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

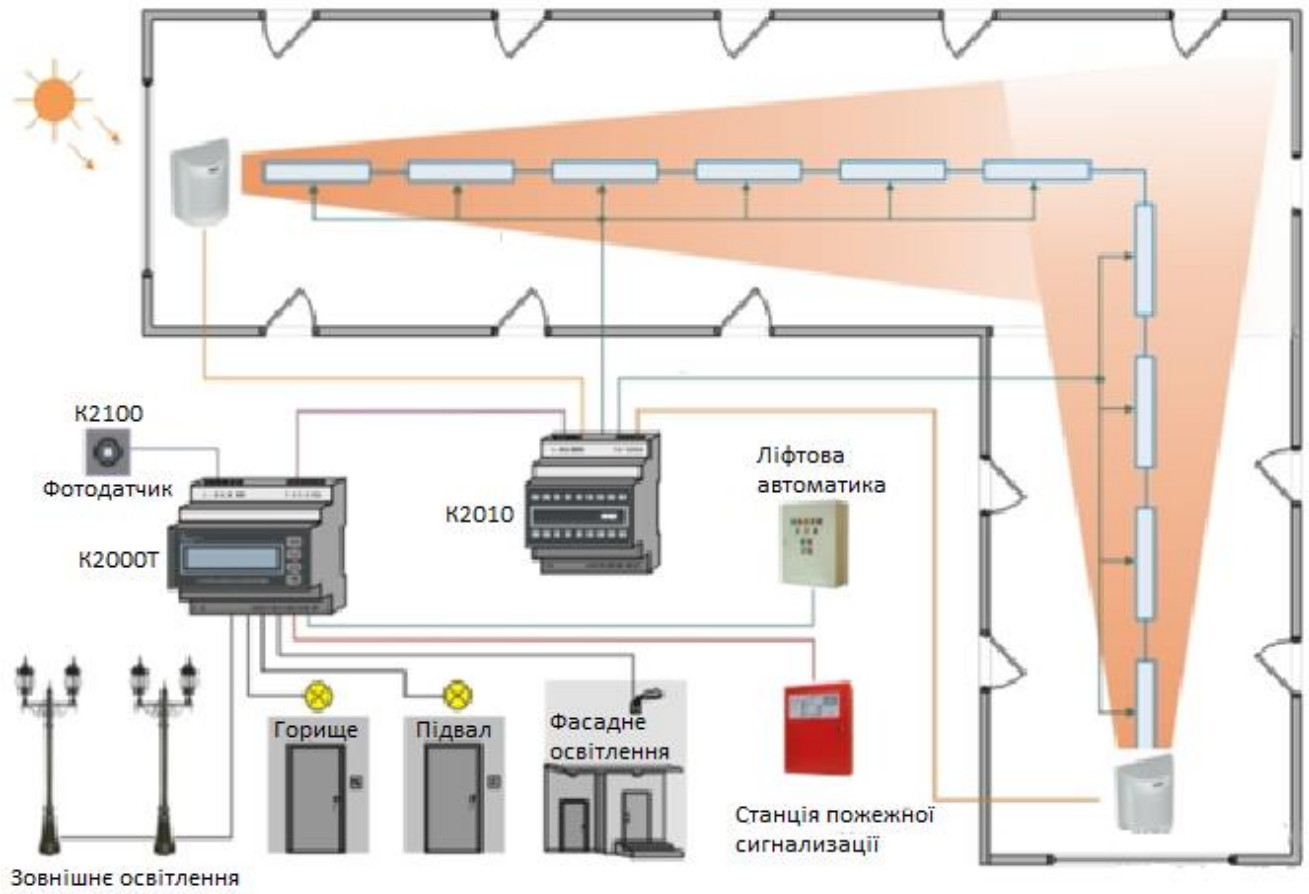
Додаток Б



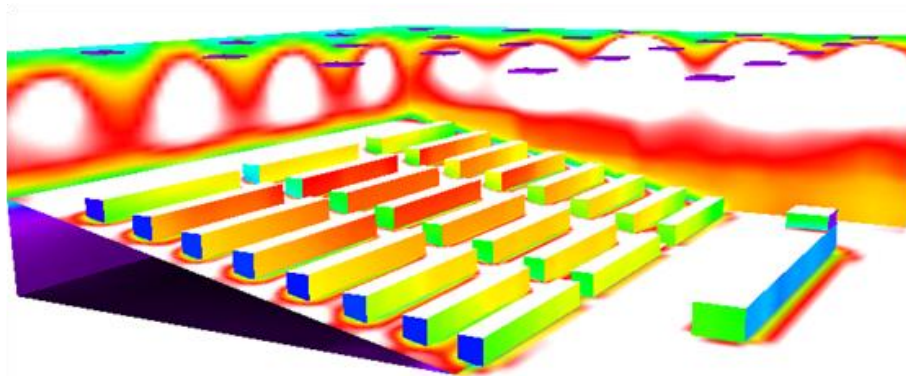
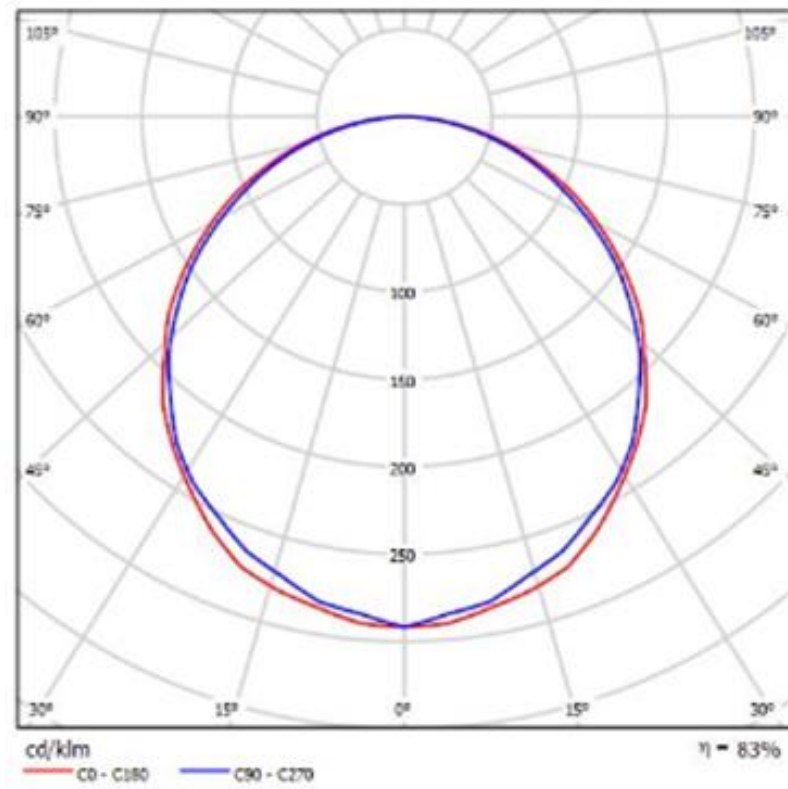
Додаток В



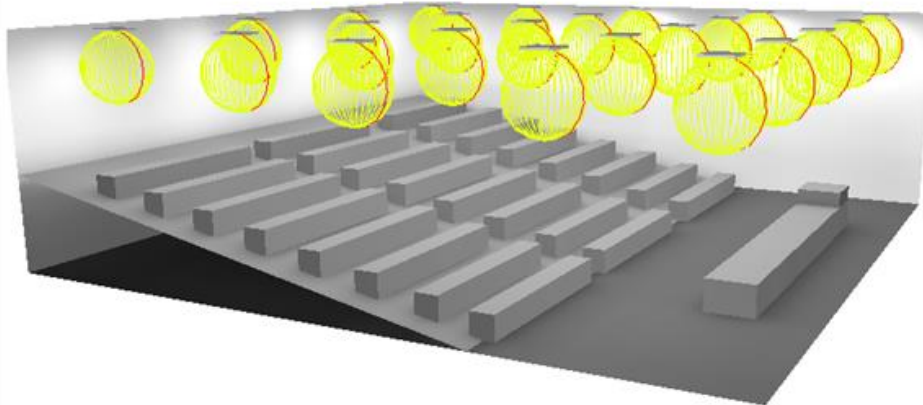
Додаток Г



Додаток Д

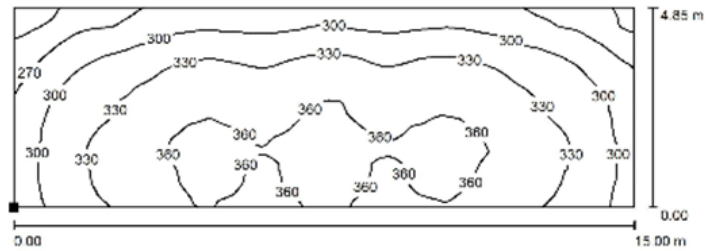
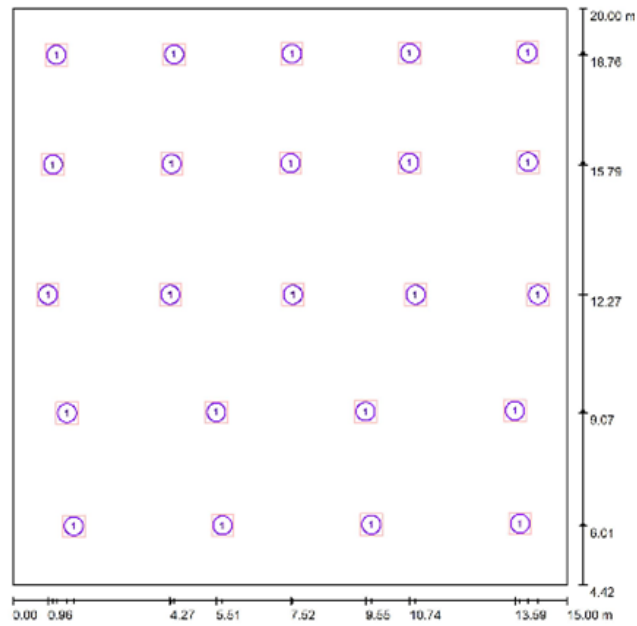


a)



б)

Додаток Е

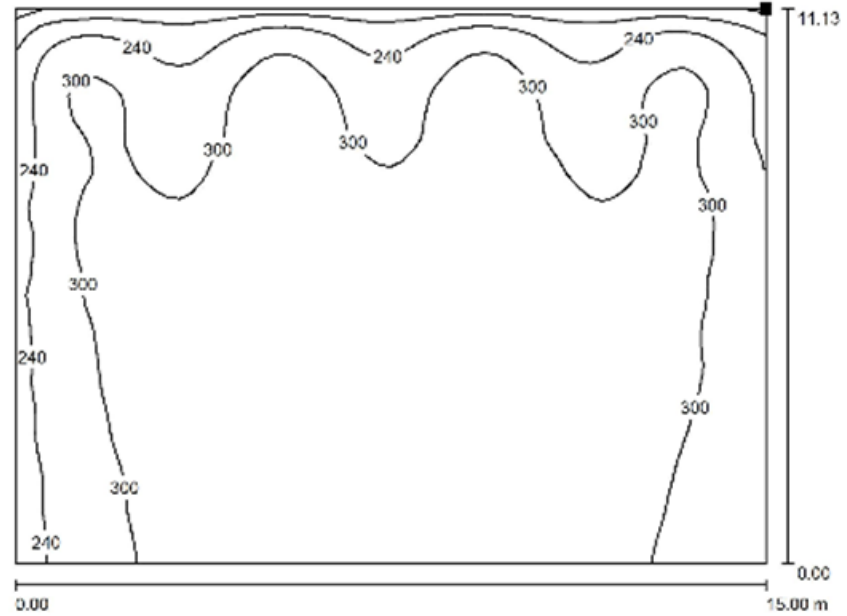


Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 м, 15.150 м, 1.500 м)



Растр: 128 x 128 Точки

$E_{\text{ф}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ф}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
328	225	371	0.690	0.608



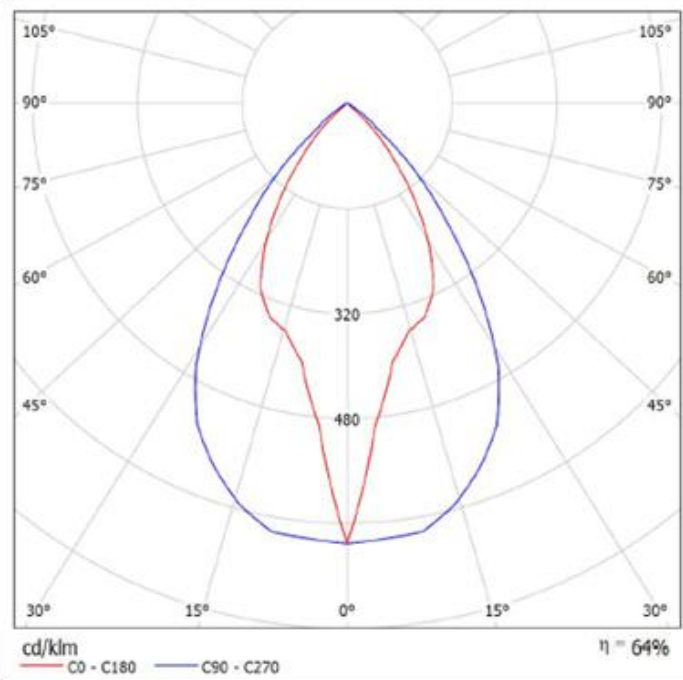
Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.045 м, 4.339 м, 2.662 м)



Растр: 64 x 64 Точки

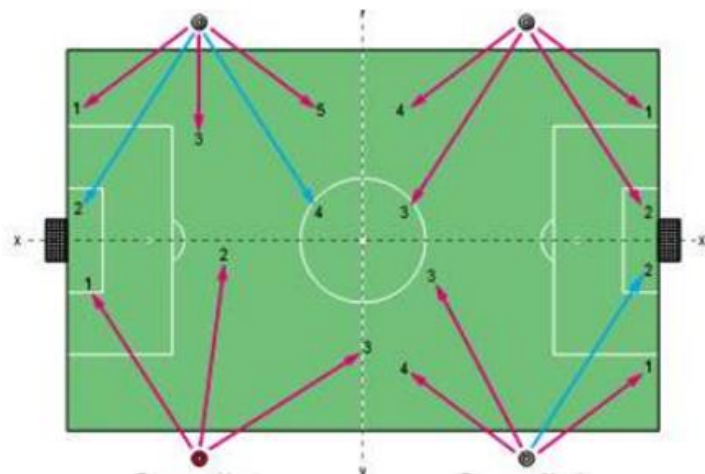
$E_{\text{ф}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ф}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
301	97	348	0.323	0.279

Додаток Є

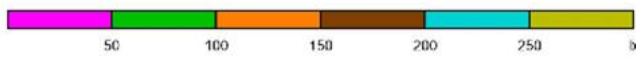
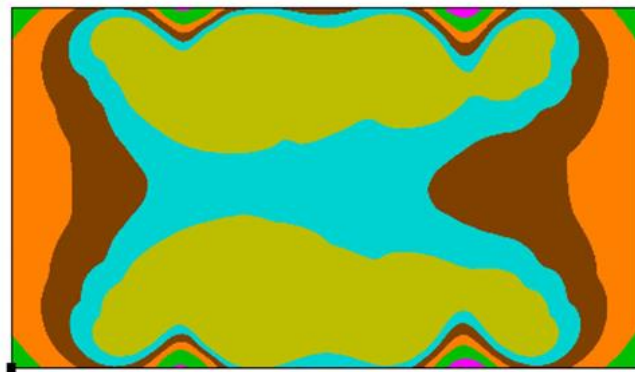


Рішення 3

Рішення 4



Додаток Ж



Расположение поверхности снаружи:
Выделенная точка: (-43.200 m, -24.989 m, 0.000 m)

Масштаб 1 : 618



E_{op} [к]	E_{min} [к]	E_{max} [к]	E_{min} / E_{op}	E_{min} / E_{max}
229	31	440	0.137	0.072

