

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект освітлення лижного трампліну

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Мороз І.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Осадца Я.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Сіткар О.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Морозу Івану Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект освітлення лижного трампліну

Керівник роботи Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «26» січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Плани лижних трамплінів, світлотехнічні та електротехнічні характеристики напівпровідникових світлових приладів, нормативні вимоги щодо освітлення та електропостачання спортивних споруд

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Трампліни К-70 та К-90. Конструктивні особливості 1л. ф – А2

2. Схема розміщення світлових приладів 1л. ф – А2

3. Прожектор ДО72 (модель А). Характеристики 1л. ф – А1

4. Світлотехнічних розрахунків системи освітлення. Результати 1л. ф – А1

5. Електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі. Результати 1л. ф – А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Вакуленко О. О., ст. викладач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2021 року \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2021	
2	Аналітичний розділ	28.02.2021	
3	Проектно-конструкторський розділ	31.03.2021	
4	Розрахунковий розділ	30.04.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2021	
6	Загальні висновки	10.06.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мороз І.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Осадца Я.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 59; рис. 24; табл. 7; креслень 5; джерел 30; додатків 0.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему:  
«Проект освітлення лижного трампліну».

Метою роботи є проектування системи освітлення комплексу трамплінів для стрибків на лижах.

1. На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано систему освітлення комплексу трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард», котрий знаходиться у с.м.т. Ворохта Яремчанської міськради Івано-Франківської області із використанням світлових приладів на основі напівпровідникових джерел світла.

Ключові слова:

СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, ПРОЖЕКТОР, ОСВІТЛЕНІСТЬ, ВТРАТА НАПРУГИ, РОБОЧИЙ СТРУМ.

КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>РЕФЕРАТ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.						
Консульт.								
Н. Контр.		Вакуленко О. О.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	7
1.1 Нормування освітлення спортивних споруд	7
1.2 Вимоги до освітлення спортивних об'єктів	9
1.3 Особливості конструкції лижних трамплінів	11
1.4 Постановка завдання кваліфікаційної роботи	15
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	16
2.1 Конструктивні особливості комплексу трамплінів НСБ «Авангард» для стрибків на лижах	16
2.2 Вибір нормованих параметрів системи освітлення лижного трампліну	18
2.3 Вибір системи освітлення	19
2.4 Вибір джерел світла	21
2.5 Вибір світлових приладів	26
2.6. Вибір напруги та системи живлення електричної освітлювальної мережі	29
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	32
3.1 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку системи освітлення комплексу трамплінів НСБ «Авангард» для стрибків на лижах	32
3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення комплексу трамплінів	34
3.3 Електротехнічний розрахунок системи освітлення комплексу трамплінів	38

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мороз І.А.					4	
Керівник		Осадца Я.М.						
Консульт.								
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						
						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		

3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту	45
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>47</b>
4.1 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок та електрообладнання громадських споруд	47
4.2 Актуальність проблеми електробезпеки	51
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>54</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>56</b>

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

В даний час до питань розвитку фізичної культури та спорту в Україні приділяється велика увага. Це вимагає виконання проектів будівництва нових та реконструкції вже існуючих об'єктів спортивної інфраструктури.

Проте в деяких видах спорту представники України не мають можливість досягати високих результатів. Однією із причин є відсутність спортивних баз для проведення як тренувального процесу, так і змагань різного рівня. Особливо це стосується тих видів спорту, змагання та тренування яких проводяться на відкритих спортивних спорудах протягом певного періоду року. Зокрема, це стосується зимових видів спорту, коли спортсмени мають можливість ефективно тренуватись лише під час сприятливих погодніх умов. Тому необхідним є забезпечення таких умов, при яких можна було б проводити тренування з деяких видів спорту протягом усього року.

До таких видів спорту відносяться стрибки на лижах з трампліна. Для забезпечення можливості тренувань протягом круглого року є облаштування трамплінів керамічною лижнею на горі розгону та спеціальним штучним покриттям поверхні гори приземлення. Крім того, для створення теплового комфорту спортсменів під час змагань та тренувань протягом теплового періоду року, потрібно забезпечити можливість здійснювати спортивну діяльність у вечірній та нічний час доби, що потребує розробки та застосування таких систем освітлення, котрі крім забезпечення комфортних світлотехнічних показників мали б високу енергоефективність та надійність.

На підставі цього в роботі проведено розробку проекту освітлення комплексу лижних трамплінів із використанням енергоефективних світлових приладів на основі напівпровідникових джерел світла.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ВСТУП</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мороз І.А.						
Керівник		Осадца Я.М.						
Консульт.								
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						
						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Нормування освітлення спортивних споруд

Основною метою штучного освітлення спортивної споруди є насамперед створення умов, які забезпечуватимуть необхідну та достатню видимість для спостерігачів, котрі використовують спортивну споруду. До таких спостерігачів можна віднести [1]:

- особи, котрі беруть безпосередню участь в змагальному процесі (спортсмени, судді й інші офіційні особи), котрим освітлення дозволяє максимально проявити їх здібності;
- глядачі в межах споруди, для котрих освітлення дозволяє здійснювати стеження за подіями, які відбуваються на досить великих від них віддалях;
- глядачі поза межами споруди, тобто особи котрі стежать за змаганнями, знаходячись біля телевізорів або екранів на міських площах;
- кіно-, теле- та фотооператори, для яких освітлення повинне забезпечувати умови для отримання високої якості зображень).

При проектуванні систем освітлення спортивних споруд в Україні використовуються наступні нормативні документи:

ДБН В.2.2 – 13 – 2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди [2];

ДБН В.2.5 – 23 – 2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [3];

ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення [4].

Проте норми освітлення для об'єктів спортивного призначення наведено лише в документі [2], а нормативні вимоги, наведені в [3] та [4] прив'язані більш до електричної частини освітлення та до допоміжних об'єктів відповідно.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.					7	13
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						



Щодо міжнародних нормативних документів, то вимоги до освітлення спортивних споруд досить чітко описуються в DIN EN 12193. Light and lighting - Sports lighting [5], відповідно з яким освітлювальні установки для спортивних споруд поділяються на три категорії залежно від рівнів спортивних змагань [1,5]: для змагань вищої категорії (I), для змагань середнього рівня (II), для шкільного спорту та дозвілля (III). Якісне освітлення спортивних об'єктів повинне забезпечуватись за рахунок [5]:

оптимізації сприйняття зорової інформації, що використовується під час спортивних заходів;

підтримування рівня зорової продуктивності;

забезпечення прийняттого візуального комфорту;

обмеження нав'язливого (лишнього) світла.

У відповідності з [2] спортивні та фізкультурно-оздоровчі будинки і залежно від видів спорту і дозвіллевої діяльності, а також за характером використання. По функціональному призначенню ці об'єкти поділяються на:

- навчально-тренувальні;
- спортивно-демонстраційні;
- спортивно-видовищні;
- фізкультурно-оздоровчі.

В свою чергу спортивні та фізкультурно-оздоровчі будинки і споруди бувають: основними, які призначені для проведення спортивної та фізкультурно-оздоровчої діяльності, допоміжні, які призначаються для тих осіб, які беруть основну та допоміжну участь в змагальному чи тренувальному процесах, медичні, службово-адміністративні, складські тощо та комплекси для глядачів.

Для реалізації вимог, які висуваються до систем освітлення спортивних споруд, регламентуються такі основні основні світлотехнічні характеристики освітлювальних установок [6]:

- значення горизонтальної та вертикальної освітленостей, а також показники рівномірності освітлення;

- показники засліпленості та пульсацій освітленості;

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- колірна температура та індекс кольоропередачі випромінювання джерел світла.

## 1.2 Вимоги до освітлення спортивних об'єктів

Основною метою освітлення спортивних споруд є насамперед забезпечення комфортних умов для всіх відвідувачів. Специфіка заходів спортивного характеру вимагає створення та організації такого штучного освітлення, котре повинне бути максимально наближеним до денного розсіяного світла [7]. Функції, освітлення спортивних комплексів і споруд як відкритого, так і закритого типів полягають у:

- забезпеченні комфортних умов для змагань та тренувальних процесів;
- мінімізації ризиків травмувань спортсменів;
- забезпеченні умов для сприятливої обстановки для глядацької аудиторії;
- організації аварійного освітлення для можливості евакуації;
- створенні естетичного образу спортивної споруди;
- розділенні на функціональні зони просторів спортивної споруди.

Забезпечення виконання цих функцій можна забезпечити шляхом дотримання вимог до систем освітлення, наведених в [2 – 5]. Проте, поряд із цим, до систем освітлення спортивних об'єктів та споруд висуваються вимоги щодо економічності, екологічності, кольоропередачі та маси світлових приладів [8], а також стабільності й надійності.

Дуже важливим параметром освітлювальної установки як спортивного об'єкту є її економічність. Це зумовлено тим, що на таких об'єктах використовуються, як правило, світлові прилади високої потужності, які працюють досить тривалий час. Тому, при проектуванні потрібно зупинити вибір на користь енергоефективних джерел світла з тривалим терміном служби.

Екологічність освітлювальної установки полягає у застосуванні таких джерел світла, вплив яких як на людину, так і навколишнє середовище був би мінімальним. Це забезпечується шляхом обмеження використання або відмови

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від використання перш за все розрядних джерел світла, котрі містять ртутну складову, мінімізації можливого засвічування верхнього простору над світловим приладом.

Необхідність забезпечення кольоропередачі створюється тим, що під час спортивних змагань чи тренувальних процесів використовується велика кількість карток, прапорців, розмітки різних кольорів для того, щоб показати межі індивідуальних зон занять і орієнтувати спортсменів. Для цього, освітлювальні установки у вечірній і нічний час повинні максимально чітко передавати кольори всіх об'єктів, при цьому не спотворюючи і не змінюючи їх.

Застосування великої кількості світлових приладів із великою масою вимагає наявності кріплення з більш товстого металу, створює високі навантаження на опорні конструкції, що призведе до збільшення вартості опор, вартості та тривалості монтажу світлових приладів.

Одним із основних завдань коректної експлуатації освітлювальних систем є забезпечення збереження як їх кількісних, так і якісних характеристик, прийнятих у проекті. Відомо, що під час функціонування освітлювальної установки відбувається зміна характеристик системи освітлення, зумовлена падінням світлового потоку джерел світла внаслідок їх старіння, зменшенням коефіцієнта корисної дії як оптичних систем, так і світлових приладів в цілому через запиленість світло пропускних елементів, спотворенням кривих сил світла світлових приладів внаслідок зміни оптичних характеристик елементів, котрі задають форму фотометричному тілу, невідповідності напруги електричної освітлювальної мережі значенню номінальної напруги живлення світлових приладів.

Тому стабільність й надійність освітлювальної установки залежить від організації експлуатаційного процесу, під час якого повинні виконуватись завдання, котрі полягають у:

- реконструкції освітлювальних установок;
- чищенні та ремонті світлових приладів;
- регулярному контролюванні стану освітлювальної установки;

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- оцінці експлуатаційних якостей світлотехнічних виробів з метою надання пропозицій щодо їх удосконалення виробниками.

Тому особлива увага при освітленні спортивних споруд повинна приділятися при розробці проекту. При цьому чітке дотримання норм і правил повинне здійснюватись не лише при проектуванні та будівництві великих спортивних споруд для проведення регіональних та міжнародних змагань, але й при будівництві та проектуванні невеликих спортивних об'єктів і комплексів, майданчиків для тренувань [7]. Крім того розроблений проект освітлювальної установки повинен забезпечувати мінімальні витрати на її спорудження та експлуатацію, а також відповідати нормативним документам тієї країни, для якої проектується система освітлення.

При проектуванні світлотехнічної частини освітлювальних установок спортивних споруд доцільно використовувати наступну послідовність [9]:

1. Визначення параметрів об'єкта проектування.
2. Вибір виду і системи освітлення.
3. Вибір та встановлення нормованих характеристик.
4. Визначення кількості та доцільного розміщення світлових приладів.

### **1.3 Особливості конструкції лижних трамплінів**

Під трампліном для стрибків на лижах (Рисунок 1.1) розуміється комплекс штучних споруд у вигляді природної чи штучної гори, що включає в себе стартовий майданчик, гори розгону та приземлення, столу відриву та майданчика зупинки, розраховані відповідно до нормативних вимог FIS (Міжнародної федерації лижного спорту), обладнаний необхідними технічними пристроями, призначений для розгону спортсменів, які здійснюють спуск на спеціальних лижах, і їх приземлення після стрибка [10, 11]. Трампліни для лижних стрибків у відповідності поділяються на учбові (розрахункова довжина стрибка становить до 20 м) та спортивні [12]. Спортивні трампліни у відповідності з діючими правилами FIS поділяються, в залежності від розміру,

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

на п'ять груп [13], які наведено в таблиці 1.1.



Рисунок 1.1 – Зображення трампліну для стрибків на лижах

Таблиця 1.1 – Класифікація спортивних трамплінів для стрибків на лижах

Типи спортивних трамплінів	Мінімальна довжина стрибка, м	Максимальна довжина стрибка, м
Малі	20	49
Середні	50	84
Нормальні	85	109
Великі		понад 110 м
Для польотів		понад 185

По конструктивних особливостях лижні трампліни поділяються на:

- природні, профіль котрих створено шляхом планування природного схилу гори;
- штучні, в яких використано природній схил гори в комбінаціях зі штучними конструкціями (естакадами).

Незалежно від конструктивних особливостей чи групи, трампліни для стрибків на лижах розбиваються на окремі ділянки (Рисунок 1.2) з [2, 12] і складаються з:

- основного стартового майданчику ( I);
- гори розбігу ( II), котра складається з прямої похилої ділянки (1а), увігнутої частини (1б) доріжки розбігу (1) та столу відриву (2);
- гори приземлення ( III), котра має в собі опуклу частину (3), пряму похилу вставку (4) та увігнуту частину (5);
- майданчику зупинки ( IV) /.

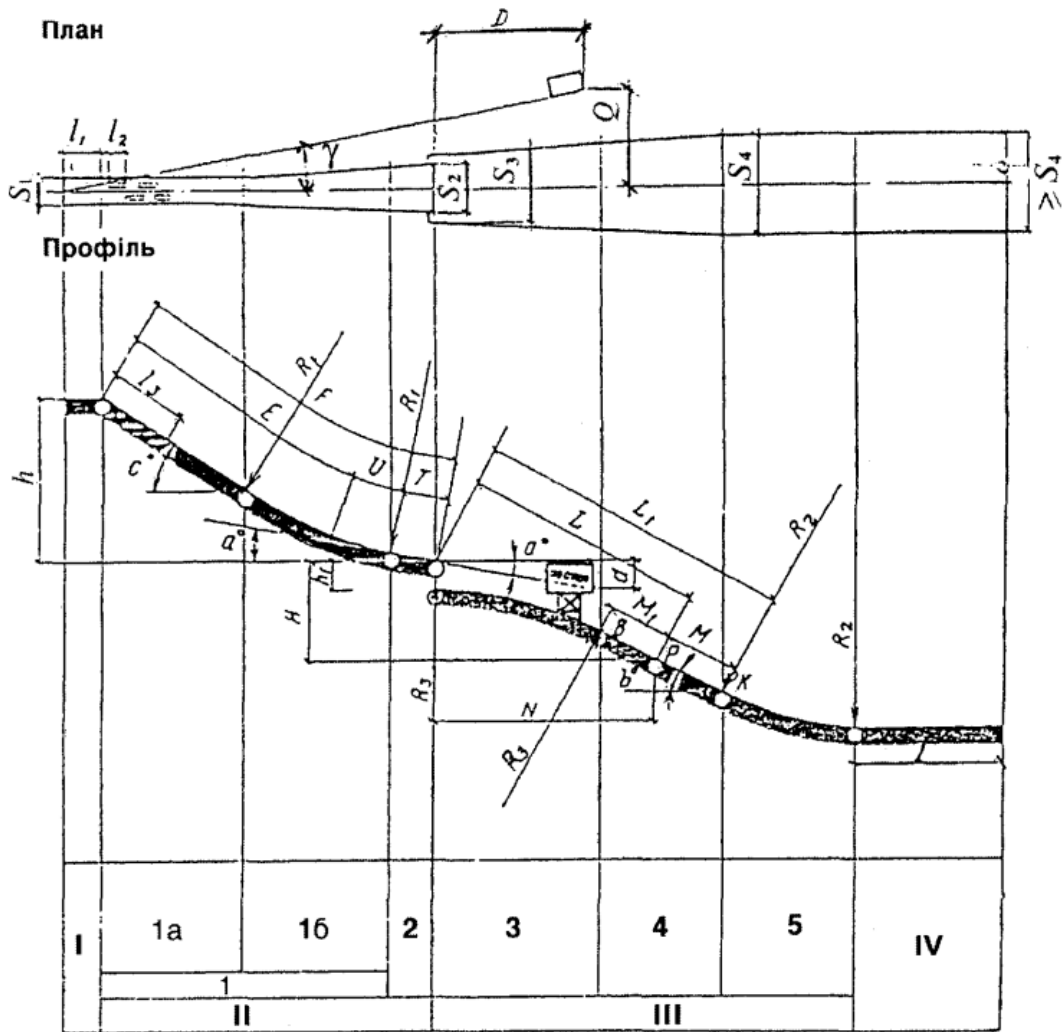


Рисунок 1.2 – Схема трампліну для стрибків на лижах

В таблицях 1.2 та 1.3 наведено нормативні параметри відповідно для трамплінів з розрахунковою довжиною стрибка менше 50 м та 50 м і більше. Такими параметрами є [2]:

кут нахилу прямої ділянки гори розбігу ( $c^\circ$ );

довжина ділянки гори розбігу, на якій швидкість зростає ( $E$ );

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

висота гори розбігу ( $h$ ), тобто відстань від краю столу відриву до рівня основного (верхнього) стартового майданчика;

розрахункова довжина стрибка ( $L$ ) – відстань від краю столу відриву до проектної точки  $P$  (рис. 1.2);

кут нахилу гори приземлення ( $b^\circ$ ) в проектній точці  $P$

відношення ( $H/N$ ) величини вертикальної проекції розрахункової довжини стрибка до величини її горизонтальної проекції

довжина столу відриву ( $T$ );

довжина ділянки ( $U$ ), на якій швидкість не збільшується.

Таблиця 1.2 – Нормативні параметри трамплінів для стрибків на лижах з розрахунковою довжиною стрибка менше 50 м

30			35		40		$c^\circ$		Початкова швидкість вильоту $V_0$ , м/с	L, м						$a^\circ$
E, м			U, м		T, м		8-10			7-9		6-8		H/N	$b^\circ$	
																0,5
26	23	21	4,5	3,3	15	20	19,5	19	18,5	18	17,5	17	30-34			
32	28	25	5,1	3,5	16	25,5	24,8	24	23,3	22,5	21,8	21	30-35			
39	32	28	5,8	3,7	17	31	30	29	28	27	26	25	33-36			
46	37	32	6,5	4	18	36,5	35,3	34	32,8	31,5	30,3	29	33-36			
52	43	37	7,2	4,2	19	42	40,5	39	37,5	36	34,5	33	34-37			
59	49	42	8	4,8	20	47,5	45,8	44	42,3	40,5	38,8	37	34-37			

Таблиця 1.3 – Нормативні параметри трамплінів для стрибків на лижах з розрахунковою довжиною стрибка від 50 м і вище

30		35		40		$c^\circ$		Початкова швидкість вильоту $V_0$ , м/с	L, м					$a^\circ$	
E, м	h, м	E, м	h, м	E, м	h, м	U, м	T, м		9-12		8-10				H/N
									0,56	0,54	0,52	0,5	0,48		
62	29	52	29	44	29	8,8	4,6	21	-	-	-	53	51		
71	33	58	32	49	32	9,7	4,8	22	65,3	63	60,8	58,5	56,2	35-37	
80	37	65	36	54	36	10,6	5,1	23	71,5	69	66,5	64	61,5	36-38	
89	41	72	40	60	40	11,4	5,3	24	77,7	75	72,2	69,5	66,7		
99	45	80	44	67	44	12,5	5,5	25	84	81	78	75	72	37-39	
111	50	90	49	74	48	14	5,7	26	90,2	87	83,7	80,5	77,2		
124	55	100	54	81	53	15	5,9	27	96,3	93	89,5	86	82,5	38-40	
137	61	110	59	88	58	16	6,2	28	103	99	95,2	91,5	87,7		
150	67	120	65	95	64	17	6,4	29	109	105	101	97	93		
163	74	130	71	103	70	18	6,6	30	116	111	106,7	102,5	-		
176	81	140	71	111	76	19	6,8	31	123	117	112,5	108	-	39-42	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## 1.4 Постановка завдання кваліфікаційної роботи

Предметом проектування в кваліфікаційній роботі є діючий комплекс трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард» (Рисунок 1.3), котрий знаходиться у с.м.т. Ворохта Яремчанської міськради Івано-Франківської області.



Рисунок 1.3 – Зображення діючого комплекс трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард»

Особливістю цього комплексу є те, що він облаштований керамічною лижнею на горі розбігу та штучним покриттям на горі приземлення. Це дає змогу здійснювати змагальні та тренувальні процеси не тільки взимку, але й протягом круглого року. Одним із способів забезпечення теплового комфорту спортсменів під час змагань та тренувань в теплі періоди року є їх проведення у вечірній та нічний час доби, що потребує влаштування системи штучного освітлення. Тому метою даної роботи є розробка освітлювальної установки комплексу трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард», котра б забезпечувала нормативні вимоги до освітлення, регламентовані у [2 – 4].

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Конструктивні особливості комплексу трамплінів НСБ «Авангард» для стрибків на лижах

Комплекс трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард» включає в себе два трампліни: К-90 та К-70 з оптимальною довжиною польоту спортсмена відповідно 90 та 70 м. Розташування комплексу трамплінів на генплані показано на рисунку 2.1 та в графічній частині роботи.



Рисунок 2.1 – Розташування комплексу для стрибків на лижах на генплані

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.					16	
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

Трампліни мають спільний майданчик зупинки довжиною 60 м та шириною 29.

Характеристики трампліну К-90 наступні:

довжина гори приземлення – 162 м;

ширина у підніжжі гори приземлення – 17,5 м;

ширина на початку гори приземлення, тобто в точці відриву від стола – 15 м.

кут нахилу поверхні гори приземлення відносно горизонталі в точці К становить  $33^\circ$ , а в точці Р –  $35^\circ$  (Рис. 2.2);

висота гори приземлення (відстань по вертикалі від підніжжя гори приземлення до початку) сягає 63,82 м;

відношення величини вертикальної проекції розрахункової довжини стрибка до величини її горизонтальної проекції –  $63,82/799,41$

кут нахилу до горизонту поверхні гори розгону в точці відриву від стола становить –  $11^\circ$ .

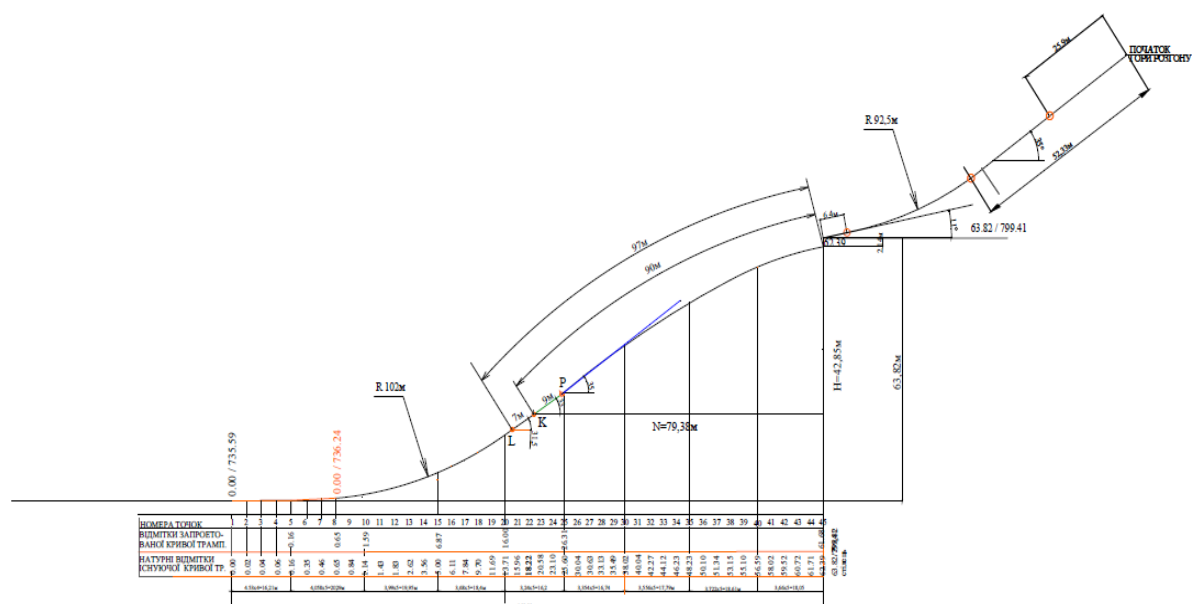


Рисунок 2.2 – Схема трампліну К-90

Характеристики трампліну К-70:

довжина гори приземлення – 149 м;

ширина у підніжжі гори приземлення – 12 м;

ширина на початку гори приземлення, тобто в точці відриву від стола – 10 м.

кут нахилу поверхні гори приземлення відносно горизонталі в точці L становить  $34,80^\circ$ , а в точці Р –  $35^\circ$  (Рисунок 2.3);

висота гори приземлення (відстань по вертикалі від підніжжя гори приземлення до початку) – 55,81 м;

відношення величини вертикальної проекції розрахункової довжини стрибка до величини її горизонтальної проекції –  $55,81/791,40$

кут нахилу до горизонту поверхні гори розгону в точці відриву від стола становить –  $11,07^\circ$ .

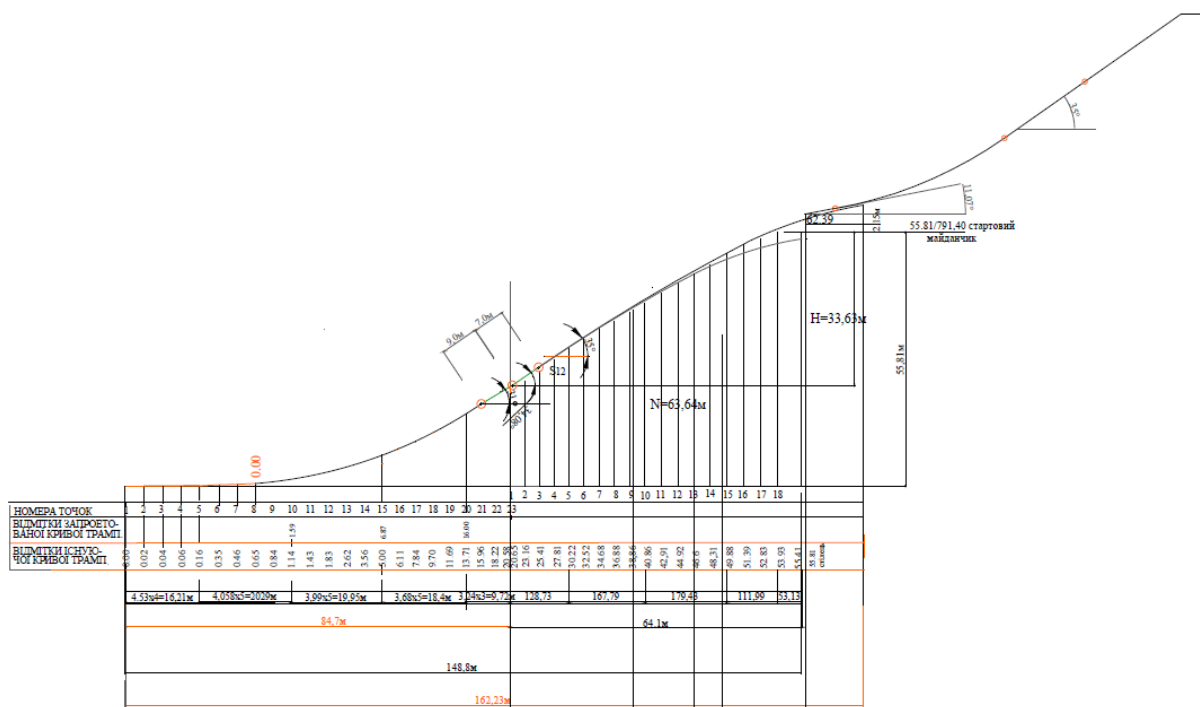


Рисунок 2.3 – Схема трампліну К-70

## 2.2 Вибір нормованих параметрів системи освітлення лижного трампліну

Вибір нормованих параметрів системи освітлення лижного трампліну виберемо у відповідності з рекомендаціями, наведеними в [1 ,2]. Згідно цього документу нормованими показниками систем освітлення для спортивних споруд

є освітленість, характеристики, котрі визначають рівномірність освітлення, коефіцієнт пульсацій.

Прийmemo наступні значення нормованої освітленості, наведені в літературі [1, 2, 14], а саме:

освітленість стартового майданчику, гори розгону та приземлення – 30 лк;  
поверхня столу відриву і вертикальної площини, що проходить через вісь трампліну – 50 лк.

Крім цього у відповідності із [2] коефіцієнт нерівномірності освітлення, тобто відношення мінімальної освітленості до середньої (характеризує співвідношення освітленостей адаптації очей спостерігача і найтемнішої ділянки поля) повинен становити не менше, ніж 0,33. Також в Державних будівельних нормах для систем освітлення лижних трамплінів не нормується коефіцієнт пульсації освітленості.

### **2.3 Вибір системи освітлення**

Основним призначенням систем освітлення відкритих спортивних споруд, до котрих відносяться трампліни для стрибків на лижах, є створення необхідної видимості об'єктів спостереження як для спортсменів, так і для глядачів в темний час доби. Для стрибків на лижах з трампліну об'єктами спостереження виступають самі спортсмени, а для забезпечення необхідного рівня видимості спостережуваного об'єкта необхідно створити на його поверхні певний рівень освітленості, тобто забезпечити попадання на нього світлового потоку необхідної густини.

Характерною особливістю об'єктів спортивного спостереження є те, що за ними спостерігають не з однієї, а з декількох різних сторін, тому ці об'єкти повинні освітлюватись об'ємним освітленням.

Крім цього велике значення у забезпеченні необхідного рівня видимості має контраст між фоном та об'єктом спостереження, тобто відмінність між яскравостями об'єкта і фону або їх колірними характеристиками [6, 15]. Одним із

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

способів отримання високого контрасту є застосування різних рівнів освітлення об'єкту і фону, а також їх різне забарвлення.

Для отримання освітлення високої якості відкритої спортивної споруди необхідним правильно вибрати як напрями свічення освітлювальних приладів, так і їх розташування. Правильний напрям падіння світлового потоку на поверхні відкритої спортивної споруди забезпечує такі якісні показники освітлювальної установки, як [1] необхідний рівень освітленості робочої поверхні, об'ємність освітлення, необхідний контраст об'єкта спостереження із фоном.

Однак, сліпуча дія освітлювальних приладів мають сліпучу дію, погіршує видимість об'єктів спостереження. Показником, який характеризує сліпучу дію світлових приладів чи джерел світла є коефіцієнт засліпленості, який визначається відношенням граничних різниць яскравості при наявності до граничних різниць яскравостей між об'єктом і фоном при відсутності джерел блискості в полі зору спостерігача [1, 6]. Зростання освітленості на зіниці ока та зростання кута видимості джерела світла призводить до відповідно збільшення та зменшення коефіцієнта засліпленості. Тому, з метою зниження коефіцієнта засліпленості, світлові прилади встановлюють в місцях, достатньо віддалених від нормального напрямку лінії зору спортсменів і на достатньо великих висотах.

Так, в системах освітлення лижних трамплінів світлові прилади рекомендуються влаштовувати на висоті не нижче, ніж 23 м, а напрям їх свічення спрямований вздовж напрямку руху спортсменів [1, 12 – 14].

Освітлення гори приземлення і майданчика зупинки рекомендується виконувати з допомогою світильників або прожекторів, котрі встановлюються на опорах висотою від 10 до 24 м з однієї або двох сторін в залежності від місць можливого розташування суддів та глядачів, а напрям світлових приладів має співпадати із напрямом руху спортсменів. Причому, напрям свічення освітлювальних приладів повинен співпадати з напрямом руху спортсменів. Типову схему розташування світлових приладів для освітлення трампліна для стрибків на лижах приведено на рисунку 2.4.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

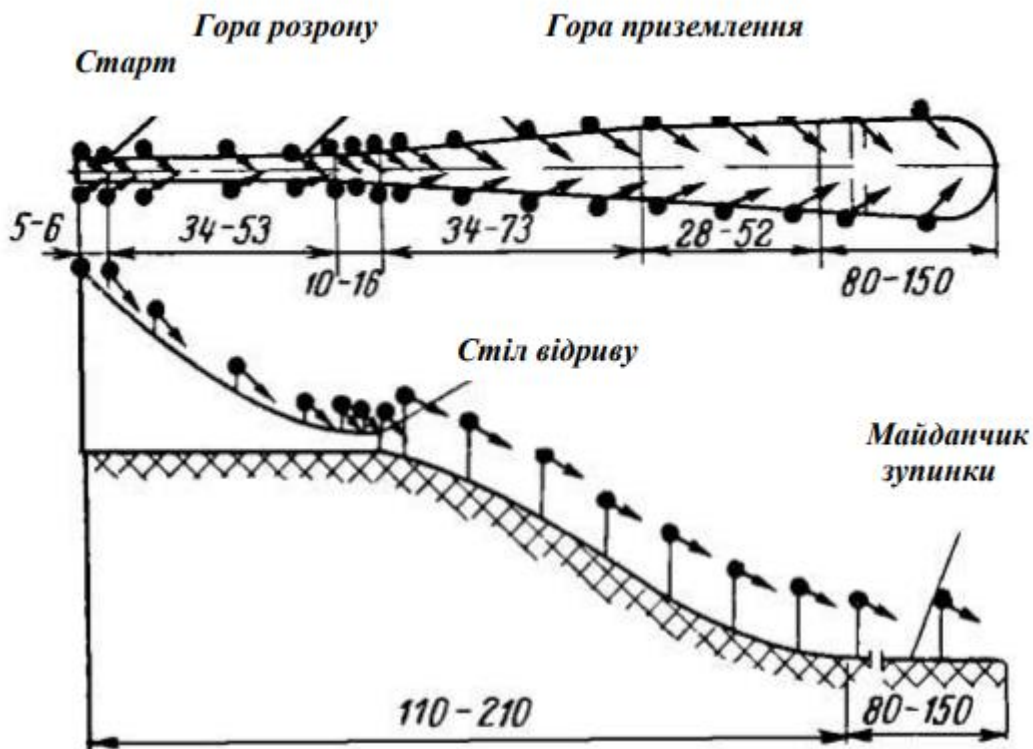


Рисунок 2.4 – Типова схема розташування світлових приладів при розміщенні трампліну для стрибків на лижах

## 2.4 Вибір джерел світла

В Державних будівельних нормах [2] для освітлення спортивних та фізкультурно-оздоровчих споруд рекомендується застосовувати такі джерела світла:

- лампи розжарення;
- газорозрядні лампи.

В більшості випадків рекомендується саме застосування газорозрядних ламп. Винятки складають випадки, коли застосування саме газорозрядних ламп є економічно не вигідним або рівень нормованої освітленості становить менше 30 лк. Оскільки нормований рівень освітленості стартового майданчику, гори розгону та приземлення становить 30 лк, а поверхні столу відриву і вертикальної площини, що проходить через вісь трампліну – 50 лк, то застосування ламп розжарення для освітлення лижного трампліну виключається.

						КРБ 19-036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

Для вибору джерел світла розглянемо експлуатаційні характеристики газорозрядних джерел світла. Такими характеристиками є [1,6]:

- Рівень напруги електричної мережі, при якому лампа здатна нормально запалюватись та світитись; оскільки запалювання газорозрядних ламп може відбуватись при напрузі запалювання, яка значно перевищує напругу мережі, то для забезпечення їх роботи їх необхідно вмикати через пускорегульовальну температуру (ПРА).

- Рівень електричної потужності, яка споживається самою лампою; для газорозрядних ламп споживана потужність може становити для ламп типу ДНаТ – 70 – 1000 Вт, люмінесцентних ламп – 13 – 80 Вт, ламп типу МГЛ – 70 Вт – 20 кВт, ламп типу ДРЛ – 80 – 250 Вт; крім того для світильників із газорозрядними лампами, окрім потужності самої лампи, необхідно враховувати втрати в ПРА.

- Світлова віддача, тобто це показник продуктивності лампи; розраховується відношенням світлового потоку до електричної потужності лампи; світлова віддача становить для ламп типу ДНаТ – 85 – 150 лм/Вт, люмінесцентних ламп – 40 – 100 лм/Вт, ламп типу МГЛ – 80 – 100 лм/Вт, ламп типу ДРЛ – 40 – 54 лм/Вт.

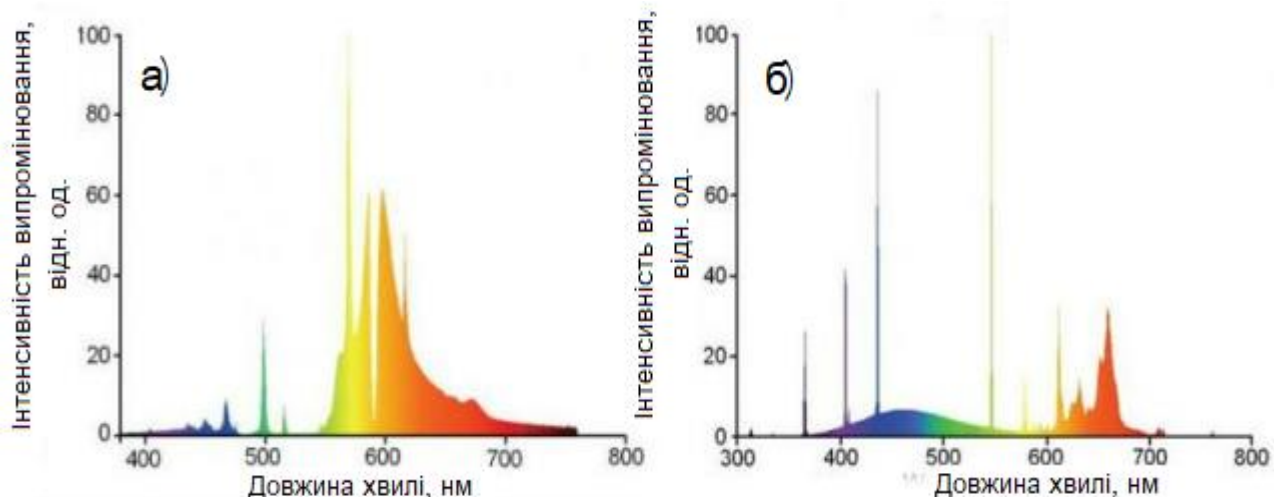


Рисунок 2.5 – Графіки функцій типового спектрального розподілу:

а) – для лампи типу ДНаТ; б) для люмінесцентної лампи

- Корельована колірна температура – характеристика, котра характеризує ступінь білизни видимого випромінювання, котре випромінюється джерелом

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

світла; основною характеристикою, котра визначає корельовану колірну температуру джерела світла є його спектральний розподіл. Графіки функцій типових спектральних розподілів газорозрядних джерел світла представлено на рисунках 2.5 та 2.6 [6, 16 – 18]. Значення корельовано колірної температури для люмінесцентних ламп становлять 2700 – 6500 К, для ламп типу ДНаТ – 2000 – 2200 К, для металогалогенних ламп – 2200 – 6500 К, для ламп типу ДРЛ 3300 – 3800 К.

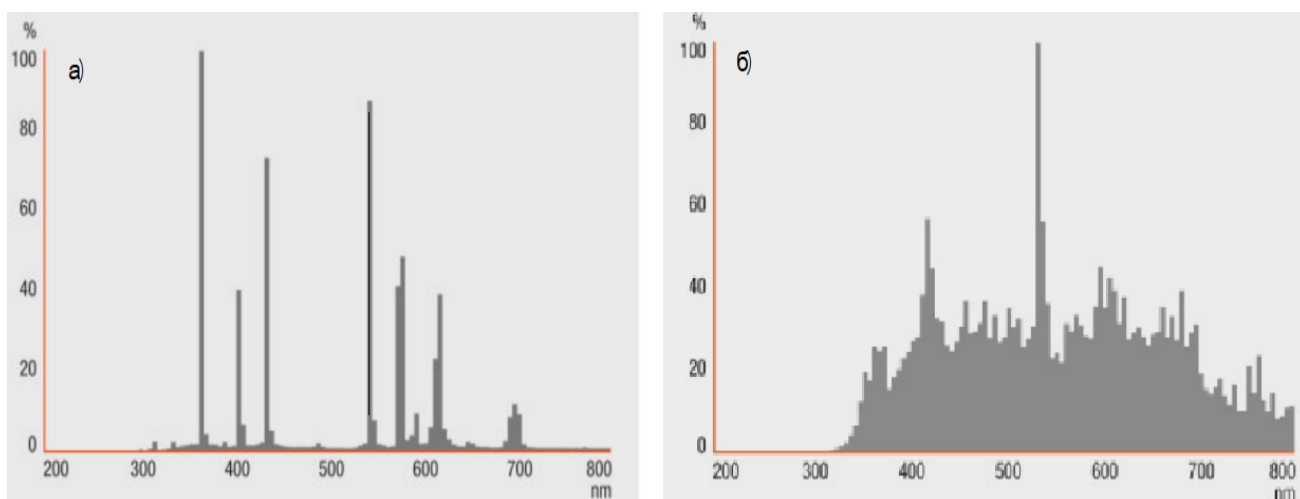


Рисунок 2.6 – Графіки функцій типового спектрального розподілу:

а) – для лампи типу ДРЛ; б) – для металогалогенної лампи

- Індекс кольоропередачі ( $R_a$ ) – показник, який характеризує якість відтворення кольору конкретним джерелом світла в порівнянні із еталонними, а здатність відтворювати колір визначається спектральними характеристиками. Значення  $R_a$  для люмінесцентних ламп становлять 60 – 98, для ламп типу ДНаТ – 25 – 40, для металогалогенних ламп – 80 – 94, для ламп типу ДРЛ – до 40.

Термін служби (термін експлуатації) – усереднений статистичний термін служби джерела світла, що визначає час між замінами джерел світла у світильниках. Для люмінесцентних ламп та ламп типу ДНаТ термін служби становить 6 – 15 тис. год, для ламп типу МГЛ – від 1500 до 15 тис. год, а для ламп типу ДРЛ – від 10 до 20 тис. год [6, 19].

За останні десять років на зміну традиційним джерелам світла прийшли

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



інноваційні світлодіодні технології і в теперішній час вони застосовуються не тільки для освітлення приміщень адміністративних будівель та споруд, але й у світлових приладах високої потужності для промислового, вуличного та прожекторного освітлення [20].

Основними перевагами напівпровідникових джерел світла в порівнянні із розрядними є:

- Висока світлова віддача, котра для світло діодів, котрі використовуються у світильниках становить 150 – 180 лм/Вт, а світлова віддача світлодіодів, котру досягнуто в лабораторних умовах становить 250 – 300 лм/Вт (Рисунок 2.7).

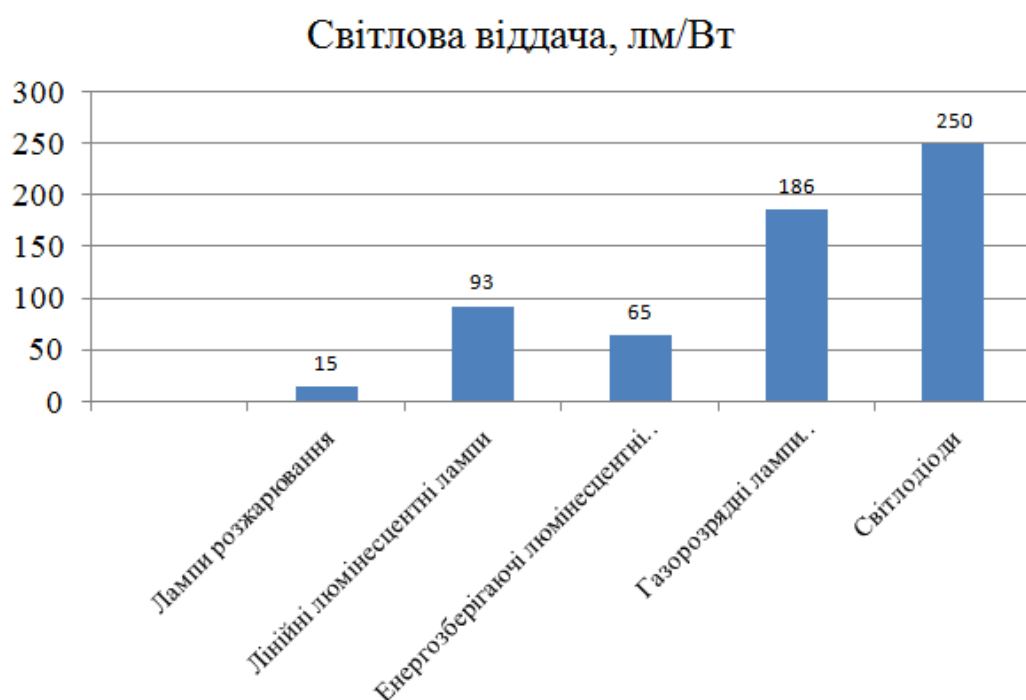


Рисунок 2.7 – Значення світлової віддачі різних типів джерел світла

- Корельована колірна температура світлодіодів може становити від 2700 до 6500 К, а колір свічення світлодіодів може бути тепло-білим (2700 – 4000 К), нейтрально-білим (4000 – 5000 К) та холодно-білим (5000 – 7000 К), залежно від спектрів свічення світлодіодів (Рисунок 2.8).

- Достатньо великий термін служби, котрий становить 50 – 100 тис. год. На рисунку 2.9 представлено діаграму порівняння терміну служби напівпровідникових джерел світла з термінами служби теплових та

газорозрядних джерел світла.

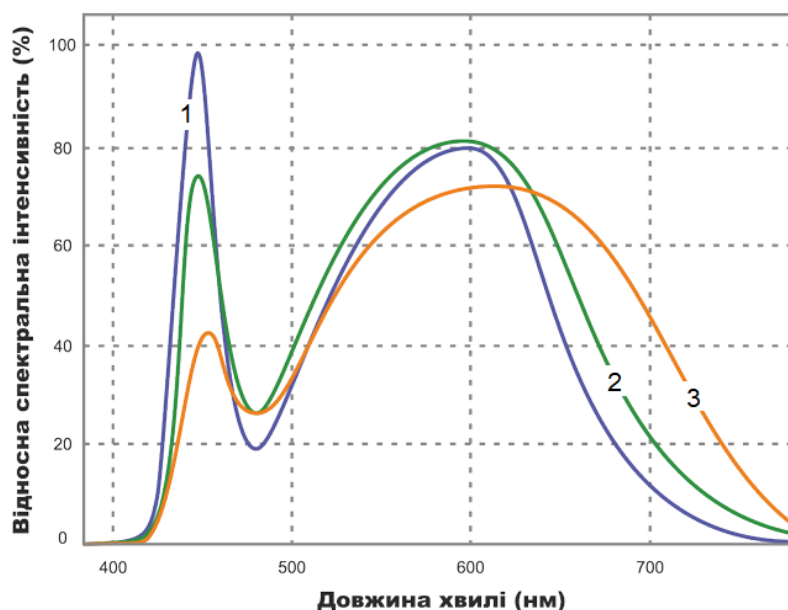


Рисунок 2.8 – Типові криві відносної спектральної ефективності напівпровідникових джерел світла різних кольорів свічення:

1 – холодно-білого; 2 – нейтрально-білого; 3 – тепло-білого



Рисунок 2.9 – Діаграма порівняння термінів служби різних джерел світла

- Завдяки суцільному спектру напівпровідникові джерела світла можуть

мати досить високий індекс передавання кольору, котрий становить не менше 90 – 95 (Рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Порівняння індексу кольоропередачі різних типів джерел світла

- Відсутність в своєму складі ртутної складової, що на відміну від газорозрядних ламп, не потребує спеціальних методів утилізації.

На основі аналізу вищенаведених характеристик джерел світла із врахуванням переваг над газорозрядними джерелами світла вибір зупинимо саме на напівпровідникових джерелах світла та світлових приладах на їх основі.

## 2.5 Вибір світлових приладів

За характером світлорозподілу світлові прилади для освітлення як закритих, так і відкритих споруд поділяють на три види [21]: світильники, прожектори та проєктори.

Світильники – це світлові прилади, які здатні до перерозподілу світлових потоків від джерел випромінювання в межах досить значних тілесних кутів (до

4п) і здатні забезпечувати кутові концентрації світлових потоків з коефіцієнтами підсилення, котрі не перевищують 30 для осесиметричних і не вище 15 для симетричних світлових приладів.

До прожекторів відносяться світлові прилади, котрі здатні перерозподіляти світлові потоки від джерел світла в межах малих тілесних кутів і можуть забезпечувати кутову концентрацію світлового потоку з коефіцієнтами підсилення, які перевищують 30 для осесиметричних і понад 15 для симетричних світлових приладів.

Проектори – світлові прилади, що здатні здійснювати перерозподіл світла від джерел випромінювання, причому концентрація світлового потоку здійснюється на ділянки поверхонь з малими розмірами.

Перерозподіл світлових потоків джерел випромінювання у світлових приладах, який створює збільшення сили світла в потрібному напрямку, здійснюється за допомогою оптичної системи, котра може містити відбиваючі (відбивачі, контрвідбивачі) та/або заломлюючі (лінзи, розсіювачі) елементи. Крім того світлові прилади можуть мати в своєму складі екрануючі елементи, функції котрих зводяться до обмеження поширення світлового потоку від джерел світла в тих напрямках, куди він є небажаним. Для освітлення великих відкритих спортивних споруд рекомендується використання світлових приладів прожекторного типу [1, 14].

Сучасні світлові прилади прожекторного типу відносяться до групи найбільш складних та вартісних світлових приладів. Такі прилади повинні відповідати високим вимогам щодо точності виготовлення та надійності роботи. Як правило, в таких прожекторах використовуються джерела світла великої потужності, а отже оптичні системи є великогабаритними та водночас складними, а конструкції світлових приладів відрізняються високою тепловою напруженістю. Крім того такі світильники, в основному, є регульованими пристроями, керування котрими часто може здійснюватись дистанційно [1].

Оскільки світлові прилади, котрі використовуються для освітлення відкритих спортивних споруд піддаються впливу атмосферних явищ, то вони

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

повинні мати відповідний захист, а саме:

- ступінь пило вологозахисту електричного блоку світильника повинен становити не нижче IP43/44, а для оптичного блоку – IP54/65;

- в зв'язку з тим, що на спортивних об'єктах повинна забезпечуватись видовищність, котра залежить від кольоропередачі, то рекомендується застосування прожекторів з метало галогенними лампами або з напівпровідниковими джерелами світла.

Виходячи з цього для освітлення лижного трампліну виберемо прожектори типу ДО72У (Модель А) виробництва ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА» (Рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд прожектора ДО72У (Модель А)

Цей тип прожекторів призначений для [22]:

- освітлення площ, вулиць, доріг в тому числі автодорожніх розв'язок і зон для пракування автомобільного транспорту;
- архітектурного освітлення споруд, фасадів, пам'ятників;
- освітлення об'єктів гірничого та кар'єрного типу з можливістю встановлення на об'єкти, де присутньою є вібрація;
- освітлення промислових територій, спортивних споруд, транспортних, залізничних об'єктів, а також об'єктів та споруд будівельного і сільськогосподарського призначення.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристики цих прожекторів приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики прожектора ДО72У (Модель А)

Потужність, Вт	60 – 200
Робоча напруга, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Клас електрозахисту	I
Механічна стійкість	M1, M3, M9
Діапазон температури навколишнього середовища, °С	-40 ... +40
Блок живлення, виробник	Mean Well
Коефіцієнт активної потужності	0,97
Джерело світла	світлодіоди виробництва Cree або Seoul Semiconductor
Світловий потік, лм	7200 – 24000
Світлова віддача, лм/Вт	120
Кути розсіювання $2\alpha$ при $I=0,5 I_{\max}$ , град, Г/В	15/15, 20/20, 25/25, 95/30, 50/50
Корельована колірна температура, К	4000
Спосіб під'єднання до електричної мережі	Індивідуальне, з допомогою кабелю з діаметром 6 – 12 мм та перетином жил 1,5 – 4,0 мм <sup>2</sup>

## 2.6 Вибір напруги та системи живлення електричної освітлювальної мережі

У відповідності з Правилами улаштування електроустановок [24] для живлення світлових приладів, як загального внутрішнього так і зовнішнього освітлення рекомендується застосування змінної або постійної напруги, котра не перевищує ніж 220 В, тому живлення нашої системи освітлення здійснюватимемо напругою 220 В змінного струму.

Освітлювальні мережі зовнішнього освітлення зазвичай рекомендується виконувати із системою заземлення TN-C. для цієї системи характерним є те, що для підключення як нульових, так і функціональних захисних провідників використовується загальна глухозаземлена нейтраль, а всі корпусні струпровідні деталі споживачів підключаються до загального нульового провідника.

Основною шиною заземлення в системі TN-C є глухо заземлена нейтраль, котра з допомогою додаткових нульових провідників з'єднується зі всіма відкритими деталями корпусів та металевих частин світлових приладів, котрі здатні проводити електричний струм (рисунок 2.12) [6, 25, 26].

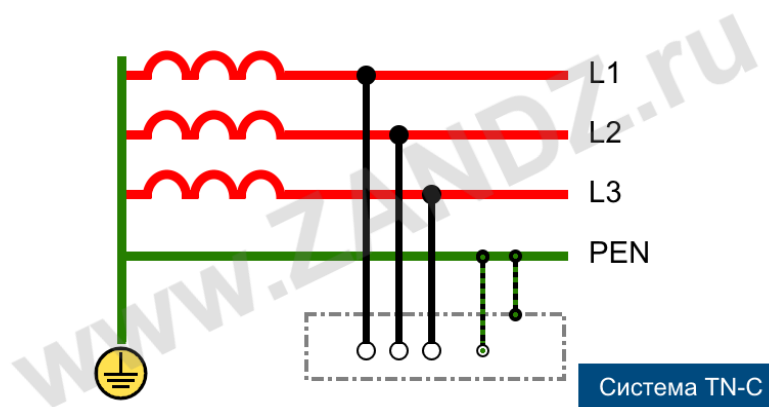


Рисунок 2.12 – Схема системи заземлення TN-C

Підключення світлових приладів до електричної мережі виконаємо у відповідності із рисунком (2.13). В даній схемі підключення світлового приладу 1 до фазного (L1, L2, або L3) здійснюється через автоматичний вимикач 2, а контакти нульового проводу та заземлення від'єднуються до суміщеного функціонального і захисного нульових проводів (PEN), котрі з'єднані із корпусом металевої опори 3.

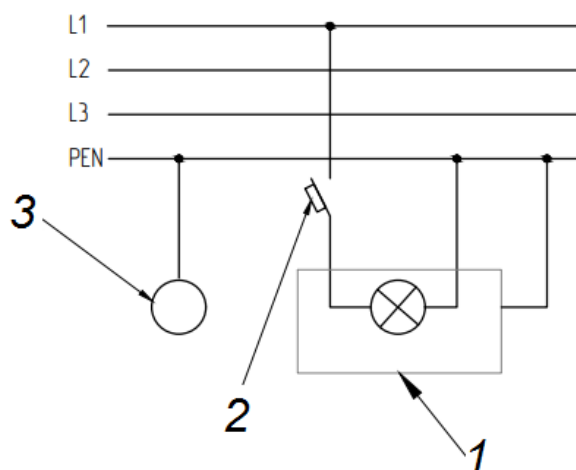


Рисунок 2.13 – Схема під'єднання світильників до електричної освітлювальної мережі

Оскільки при проектуванні передбачено прокладання елементів електричної мережі в землі, то в якості кабелю виберемо броньований кабель типу ВБбШв. Даний вид кабелів призначений для передавання та розподілу електричної енергії до стаціонарних установок, котрі живляться змінною напругою до 0,6 / 1 кВ із частотою 50 Гц. Прокладку кабелю можна здійснювати як в сухих, так і вологих приміщеннях, в блоках, на естакадах, на відкритому повітрі, в землі, в тих умовах де є необхідність захист кабелів від механічних пошкоджень. При цьому експлуатацію кабелю можна здійснювати при температурі навколишнього середовища в межах від -50 до +50 °С, та відносній вологості до 98 % [28].

Для захисту групових ліній та світильників на опорах застосуємо відповідно триполюсні та однополюсні автоматичні вимикачі типу ВА 47-29М із характеристикою розчеплення типу С. Основним призначенням таких апаратів є захист від перевантажень, струмів короткого замикання, а також оперативної комутації електричних кіл. Особливістю даних апаратів захисту є їх можливість працювати в діапазоні температури навколишнього середовища від - 40 ° С до + 50 ° С [29].

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку системи освітлення комплексу трамплінів НСБ «Авангард» для стрибків на лижах

Вихідними даними для світлотехнічних розрахунків є:

положення світлових приладів та поверхонь, на котрих потрібно забезпечити нормовані параметри освітлення;

значення нормованих показників освітлення;

світлотехнічні характеристики світлових приладів;

значення коефіцієнта запасу.

Для забезпечення нормованих значень освітлення гори приземлення використаємо 21 світильник прожекторного типу Д072У-150-02 У1. Світловий потік цього прожектора становить 18000 лм, кут розсіювання 50/50°. Криву сили світла цього прожектора представлено на рисунку 3.1.

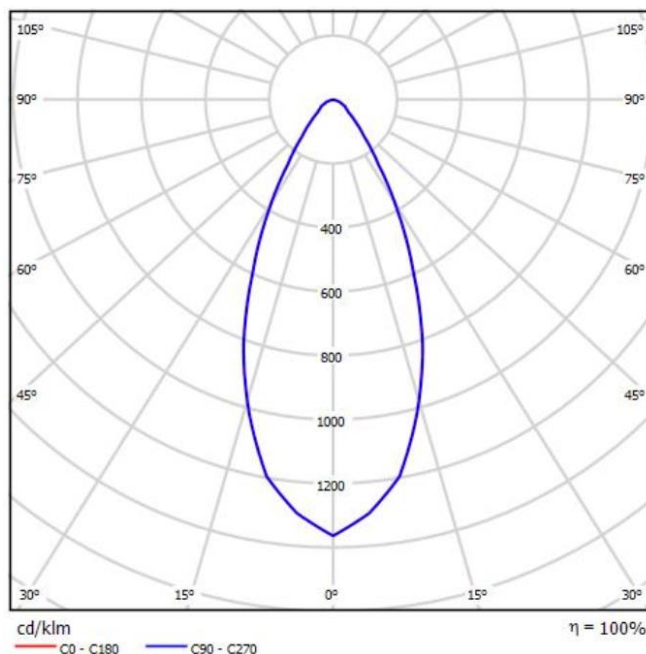


Рисунок 3.1 – Крива сили світла прожектора Д072У-150-02 У1

					<b>КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.					32	13
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

Для досягнення нормованих значень освітлення поверхонь стартового майданчика, гори розгону, стола відриву і на вертикальній площині, котра проходить через вісь трампліну використаємо 6 світильників типу ДО72У-200-01 У1. Світловий потік цього світильника становить 24000 лм, а кут розсіювання 20/20°. Криву сили світла цього прожектора представлено на рисунку 3.2.

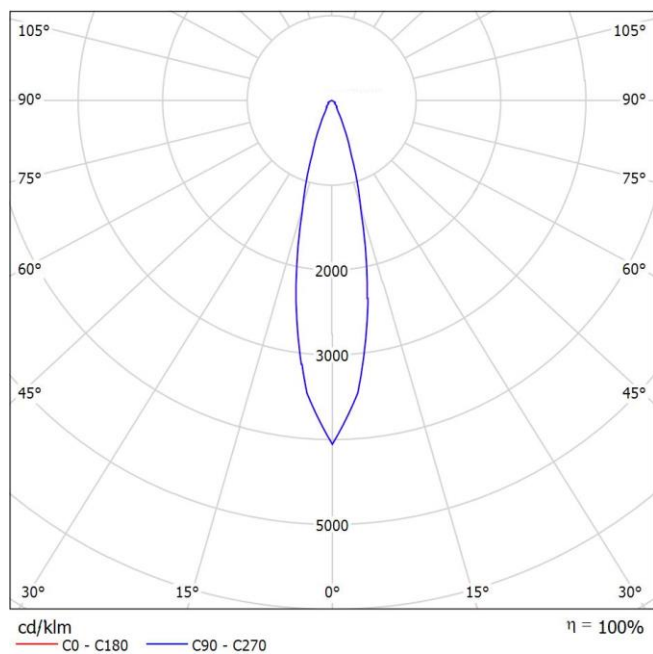


Рисунок 3.2 – Крива сили світла прожектора ДО72У-200-01 У1

Прожектори розмістимо у відповідності з рисунком 3.3. За базову точку із нульовими координатами виберемо нижній (лівий) край майданчика для зупинки. Координати прожекторів відносно нього представлено в таблиці 3.1.

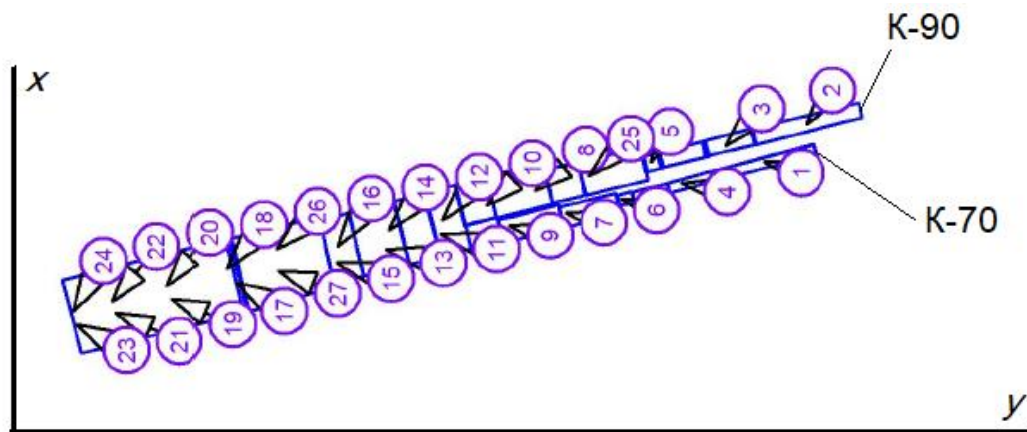


Рисунок 3.3 – Схема розміщення прожекторів на плані лижного трампліну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.1 – Координати розміщення прожекторів на схемі лижного трампліну

Позначення на плані	Тип прожектора	x, м	y, м	z, м	Висота над поверхнею трампліну, м
1	ДО72У-200-01 У1	68,86	271,20	102,00	24,00
2	ДО72У-200-01 У1	100,56	283,20	112,00	24,00
3	ДО72У-200-01 У1	93,39	276,04	93,00	24,00
4	ДО72У-200-01 У1	61,60	242,84	86,00	24,00
5	ДО72У-200-01 У1	84,61	220,95	77,00	24,00
6	ДО72У-200-01 У1	49,86	195,30	57,00	24,00
7	ДО72У-150-02 У2	54,55	215,73	72,00	12,00
8	ДО72У-150-02 У2	77,57	188,54	55,00	12,00
9	ДО72У-150-02 У2	44,76	174,79	47,00	12,00
10	ДО72У-150-02 У2	72,44	168,02	47,00	12,00
11	ДО72У-150-02 У2	39,56	154,15	36,00	12,00
12	ДО72У-150-02 У2	67,31	147,52	36,00	12,00
13	ДО72У-150-02 У2	34,24	133,64	22,00	12,00
14	ДО72У-150-02 У2	63,12	126,79	22,00	12,00
15	ДО72У-150-02 У2	28,14	113,43	10,00	12,00
16	ДО72У-150-02 У2	58,92	106,05	10,00	12,00
17	ДО72У-150-02 У2	15,74	72,58	1,00	12,00
18	ДО72У-150-02 У2	49,03	64,77	1,00	12,00
19	ДО72У-150-02 У2	10,66	52,60	0,00	12,00
20	ДО72У-150-02 У2	45,82	43,88	0,00	12,00
21	ДО72У-150-02 У2	4,26	38,00	0,00	12,00
22	ДО72У-150-02 У2	40,36	23,22	0,00	12,00
23	ДО72У-150-02 У2	0,76	11,74	0,00	12,00
24	ДО72У-150-02 У2	34,96	2,90	0,00	12,00
25	ДО72У-150-02 У2	81,90	205,92	59,00	12,00
26	ДО72У-150-02 У2	74,02	85,30	3,00	12,00
27	ДО72У-150-02 У2	22,46	93,04	3,00	12,00

### 3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення комплексу трамплінів

Розрахувати освітленість конкретної точки від світильника прожекторного типу можна за допомогою формули [6, 15]:

$$E_A = \frac{I_{\beta_B \beta_\Gamma} \cdot \cos^3 \alpha}{h_p^2}, \quad (3.1)$$

де  $I_{\beta_B \beta_\Gamma}$  – сила світла в напрямку до розрахункової точки (Рисунок 3.4):

$\alpha$  – кут між вектором нормалі до освітлюваної поверхні та напрямком сили світла в розрахункову точку;

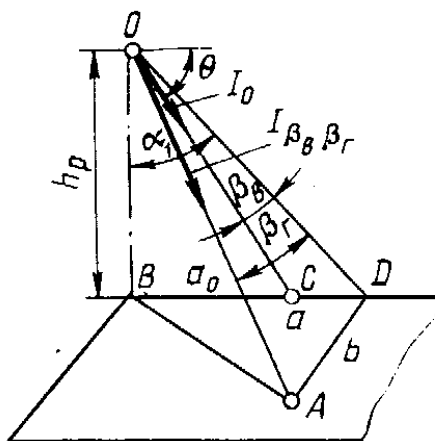


Рисунок 3.4 – Вихідна схема для світлотехнічного розрахунку прожекторного освітлення

Силу світла  $I_{\beta_B \beta_\Gamma}$  можна визначити по кривих сили світла залежно від кутів  $\beta_B$  і  $\beta_\Gamma$  і значення котрих визначається положенням розрахункової точки:

$$\beta_B = \pm \left( \arctg \frac{a}{h_p} - \arctg \frac{a_0}{h_p} \right), \quad \beta_\Gamma = \arctg \left( \frac{b \cdot \cos \alpha_1}{h_p} \right). \quad (3.2)$$

При розрахунку освітленості від великої кількості прожекторів можна використати метод кривих рівних значень відносної освітленості, проте специфіка розрахунку прожекторного освітлення може викликати похибки в розрахунку. Тому для подальшого розрахунку використаємо спеціалізований програмний продукт для світлотехнічного моделювання та розрахунку, а саме пакет DIALux.

Маючи вихідні дані, наведені в проектно-конструкторському розділі, а також першому пункті цього розділу у вигляді плану трампліну, файлів світильників для спеціалізованих програм (файлів типу. ies або .ldt), а також вводячи обернене значення коефіцієнта запасу, було отримано наступні результати світлотехнічного розрахунку, а саме значення освітленостей розрахункових площин, котрі наведено в таблиці 3.2.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Результати світлотехнічного розрахунку

Площина розрахунку	Середня освітленість, лк		Коефіцієнт нерівномірності освітлення	
	Розрахована	Нормована	Розрахований	Нормований
1. Стіл відриву К-90	84	50	0,829	0,330
2. Стіл відриву К-70	77	50	0,832	
3. Гора приземлення К-90	48	30	0,716	
4. Гора приземлення К-90	41		0,800	
5. Гора приземлення К-90	40		0,758	
6. Гора приземлення К-70	48		0,655	
7. Гора приземлення К-70	44		0,684	
8. Гора приземлення К-70, К-90	49		0,702	
9. Гора приземлення К-70, К-90	45		0,663	
10. Гора приземлення К-70, К-90	44		0,719	
11. Гора приземлення К-70, К-90	40		0,642	
12. Гора приземлення К-70, К-90	38		0,603	
Вертикальна площина, котра проходить через вісь трампліну	77	50	0,830	

На рисунку 3.5 представлено візуалізацію розподілу освітленості по поверхні комплексу трамплінів, а також показано місце розташування розрахункових поверхонь.

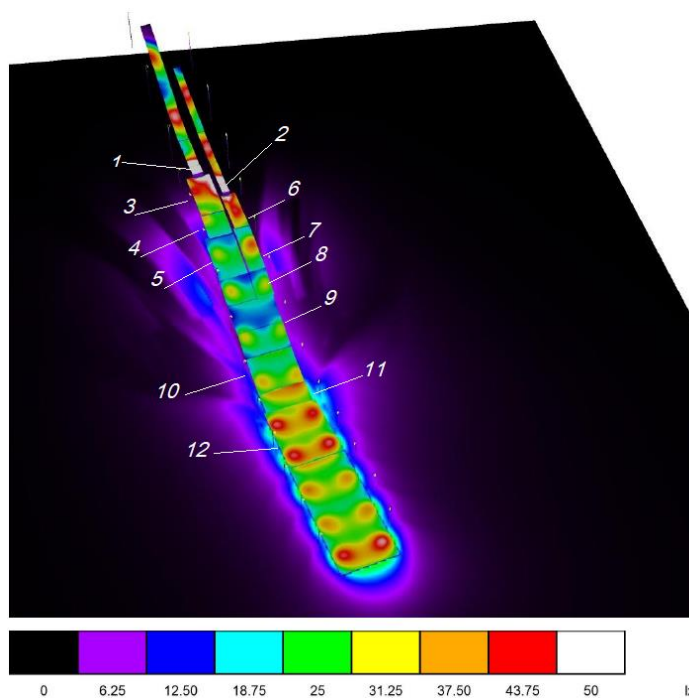


Рисунок 3.5 – Візуалізація розподілу освітленості по поверхні комплексу трамплінів

Як бачимо із результатів розрахунку таке положення прожекторів та їх напрямленості дозволяють забезпечити нормативні показники освітлення на розрахункових поверхнях комплексу трамплінів. Кути напрямів свічення прожекторів приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.1 – Кути напрямленості прожекторів

Позначення на плані	Тип прожектора	Положення прожектора			Висота над поверхнею трампліну, м	Кут напрямленості прожектора		
		x, м	y, м	z, м		x, °	y, °	z, °
1	ДО72У-200-01 У1	68,86	271,20	102,00	24,00	23,1	0,0	-15,14
2		100,56	283,20	112,00	24,00	27,8	0,0	52,2
3		93,39	276,04	93,00	24,00	32,0	0,0	46,0
4		61,60	242,84	86,00	24,00	27,7	0,0	-10,0
5		84,61	220,95	77,00	24,00	28,7	0,0	26,5
6		49,86	195,30	57,00	24,00	26,8	0,0	-17,3
7	ДО72У-150-02 У1	54,55	215,73	72,00	12,00	36,6	0,0	-13,6
8		77,57	188,54	55,00	12,00	49,7	0,0	39,0
9		44,76	174,79	47,00	12,00	38,7	0,0	-11,9
10		72,44	168,02	47,00	12,00	47,0	0,0	42,7
11		39,56	154,15	36,00	12,00	41,9	0,0	-14,1
12		67,31	147,52	36,00	12,00	42,2	0,0	49,5
13		34,24	133,64	22,00	12,00	43,4	0,0	-12,6
14		63,12	126,79	22,00	12,00	44,0	0,0	50,0
15		28,14	113,43	10,00	12,00	48,8	0,0	-15,6
16		58,92	106,05	10,00	12,00	40,2	0,0	55,0
17		15,74	72,58	1,00	12,00	59,1	0,0	-29,3
18		49,03	64,77	1,00	12,00	60,0	0,0	49,9
19		10,66	52,60	0,00	12,00	66,8	0,0	-22,0
20		45,82	43,88	0,00	12,00	65,8	0,0	50,9
21		4,26	38,00	0,00	12,00	65,7	0,0	-23,5
22		40,36	23,22	0,00	12,00	66,2	0,0	51,1
23		0,76	11,74	0,00	12,00	61,0	0,0	-26,1
24		34,96	2,90	0,00	12,00	62,3	0,0	58,8
25		81,90	205,92	59,00	12,00	52,9	0,0	41,5
26		74,02	85,30	3,00	12,00	57,0	0,0	43,0
27		22,46	93,04	3,00	12,00	60,3	0,0	-20,4

### 3.3 Електротехнічний розрахунок системи освітлення комплексу трамплінів

Вибір перерізу проводів електричної освітлювальної мережі здійснимо на основі результатів розрахунку на мінімум провідникового матеріалу.

Розрахунок площ  $S$  поперечних перерізів проводів електричних освітлювальних мереж на мінімум провідникового матеріалу здійснюється із використанням формули [6, 15]:

$$S = \frac{M_{II}}{c \cdot \Delta U}, \quad (3.3)$$

де  $M_{II}$  – приведений момент;

$c$  – коефіцієнт, який залежить від системи мережі і приймає значення  $c = 72$  для трифазної мережі із нульовим проводом та напругою 380/220 В,  $c = 32$  для двофазної мережі із нульовим проводом та напругою 380/220 В,  $c = 32$  для двопровідної мережі із напругою 220 В;

$\Delta U$  – значення допустимої втрати напруги у відсотках від номінальної, котре для електричних освітлювальних мереж, котрі живлять прожекторні установки має становити не більше 2,5 % [6].

Приведений момент розраховується за наступною формулою:

$$S = \sum M + \alpha \cdot \sum t, \quad (3.4)$$

де  $\sum M$  – сума моментів даної і всіх наступних по напрямку струмів ділянок електричної освітлювальної мережі, для котрих число проводів дорівнює числу проводів даної ділянки;

$\sum t$  – сума моментів ділянок, котрі живляться через дану ділянку електричної освітлювальної мережі, проте число проводів цих ділянок відрізняється від числа проводів для даної ділянки;

$\alpha$  – коефіцієнт приведення моментів, котрий для трифазної лінії з нульовим проводом, через яку живиться однофазна лінія становить 1,83, для трифазної лінії з нульовим проводом, котра живить двофазну лінію із нульовим проводом –

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1,37, для двофазної лінії з нульовим проводом та однофазної лінії – 1,33.

Схеми для розрахунку групових ліній електричної освітлювальної мережі представлені на рисунках 3.6 – 3.8.

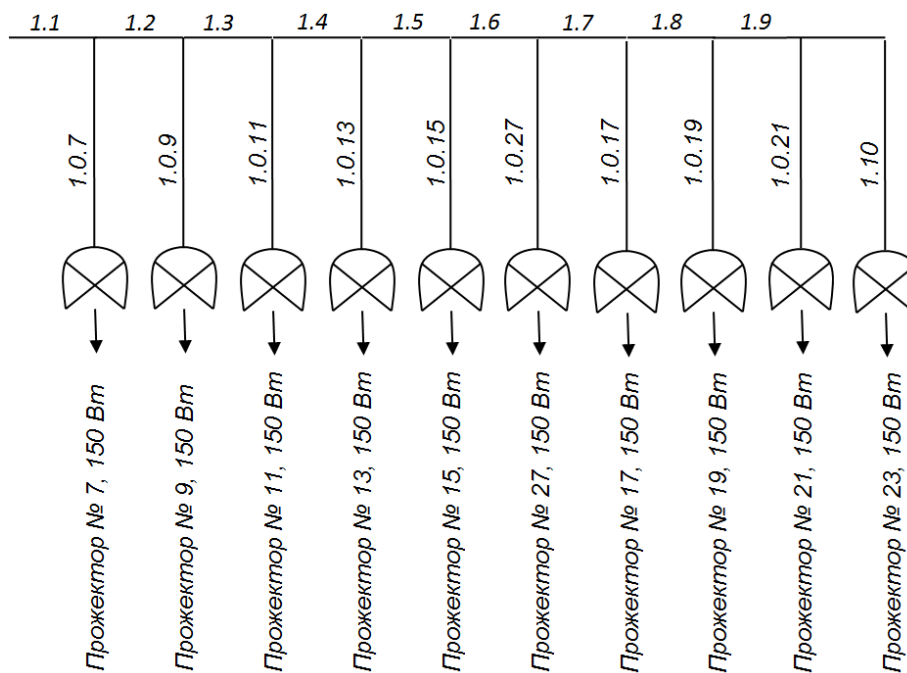


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема групової лінії 1

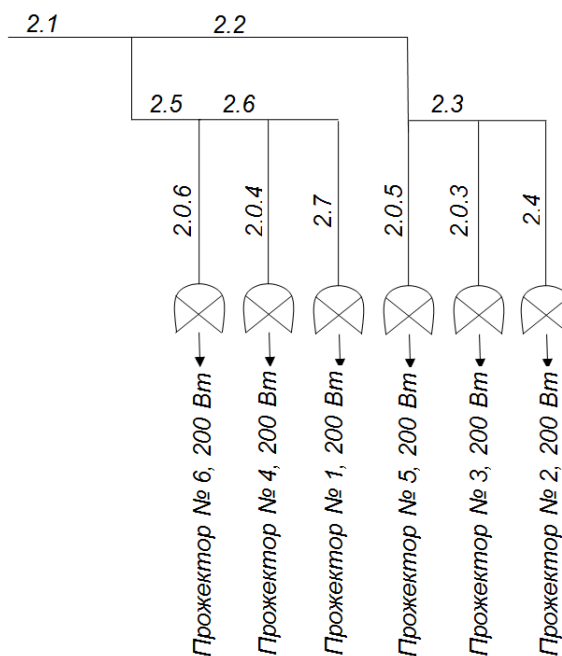


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема групової лінії 2



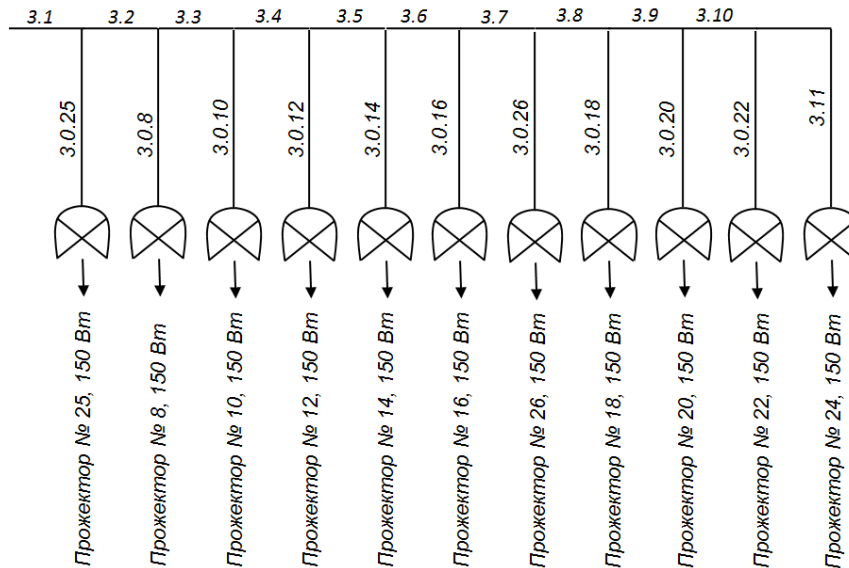


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема групової лінії 3

Характеристики ділянок групових ліній, зокрема їх довжини, типи кабелів та потужності наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики ділянок групових ліній

Групова лінія	№ ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Тип кабелю
1	1.1	1,500	30,0	(3ф + N)
	1.2	1,350	18,0	
	1.3	1,200	21,0	
	1.4	1,050	21,0	
	1.5	0,900	21,0	
	1.6	0,750	21,0	
	1.7	0,600	21,0	
	1.8	0,450	21,0	
	1.9	0,300	21,0	(2ф + N)
	1.10	0,150	37,0	(1ф + N)
2	1.0.7, 1.0.9, 1.0.11, 1.0.13, 1.0.15, 1.0.27, 1.0.17, 1.0.19, 1.0.21,	0,150	16,0	(1ф + N)
	2.1	1,200	1,0	(3ф + N)
	2.2	0,600	44,0	
	2.3	0,400	36,0	(2ф + N)
	2.4	0,200	57,0	(1ф + N)
2.5	0,600	25,0	(3ф + N)	

Продовження таблиці 3.2

Групова лінія	№ ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Тип кабелю
2	2.6	0,400	28,0	(2ф + N)
	2.7	0,200	56,0	(1ф + N)
	2.0.6, 2.0.4, 2.0.5 2.0.3	0,200	27,0	
		0,200	27,0	
		0,200	27,0	
0,200		27,0		
3	3.1	1,650	30,0	(3ф + N)
	3.2	1,500	18,0	
	3.3	1,350	21,0	
	3.4	1,200	21,0	
	3.5	1,050	21,0	
	3.6	0,900	21,0	
	3.7	0,750	21,0	
	3.8	0,600	21,0	
	3.9	0,450	21,0	
	3.10	0,300	21,0	
	3.11	0,150	37,0	(1ф + N)
	3.0.25, 3.0.8, 3.0.10, 3.0.12, 3.0.14, 3.0.16, 3.0.26, 3.0.18, 3.0.20, 3.0.22	0,150	16,0	(1ф + N)

Розрахунок перерізів ділянок покажемо на прикладі групової лінії 3.

Момент навантаження ділянок цієї лінії становлять:

$$M_{3.2} = 1,500 \cdot 18,0 = 27,0 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.3} = 1,350 \cdot 21,0 = 28,35 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.4} = 1,200 \cdot 21,0 = 25,2 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.5} = 1,050 \cdot 21,0 = 22,05 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.6} = 0,900 \cdot 21,0 = 18,9 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.7} = 0,750 \cdot 21,0 = 15,75 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.8} = 0,600 \cdot 21,0 = 12,6 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.9} = 0,450 \cdot 21,0 = 9,45 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.10} = 0,300 \cdot 21,0 = 6,3 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.11} = 0,150 \cdot 37 = 5,55 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_{3.0.25} = 0,150 \cdot 16 = 2,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Приведені моменти знайдемо за формулами:

$$\begin{aligned}
 M_{П3.10} &= M_{3.10} + \alpha_{2-1} \cdot (M_{3.0.25} + M_{3.11}); \\
 M_{П3.9} &= M_{3.9} + \alpha_{3-2} \cdot M_{П3.10} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.8} &= M_{3.8} + M_{П3.9} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.7} &= M_{3.7} + M_{П3.8} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.6} &= M_{3.6} + M_{П3.7} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.5} &= M_{3.5} + M_{П3.6} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.4} &= M_{3.4} + M_{П3.5} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.3} &= M_{3.3} + M_{П3.4} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.2} &= M_{3.2} + M_{П3.3} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}; \\
 M_{П3.1} &= M_{3.1} + M_{П3.2} + \alpha_{3-1} \cdot M_{3.0.25}.
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

Підставляючи значення моментів у формули (3.4), а також враховуючи, що  $\alpha_{2-1} = 1,33$ ,  $\alpha_{3-1} = 1,83$ ,  $\alpha_{3-2} = 1,37$ , отримаємо:

$$\begin{aligned}
 M_{П3.10} &= 6,3 + 1,33 \cdot (2,4 + 5,55) = 16,87 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.9} &= 9,45 + 1,37 \cdot 16,87 + 1,83 \cdot 2,4 = 36,96; \\
 M_{П3.8} &= 12,6 + 36,96 + 1,83 \cdot 2,4 = 53,95 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.7} &= 15,75 + 53,95 + 1,83 \cdot 2,4 = 74,09 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.6} &= 18,9 + 74,09 + 1,83 \cdot 2,4 = 97,38 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.5} &= 22,05 + 97,38 + 1,83 \cdot 2,4 = 123,83 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.4} &= 25,2 + 123,83 + 1,83 \cdot 2,4 = 153,42 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.3} &= 28,35 + 153,42 + 1,83 \cdot 2,4 = 186,16 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.2} &= 27,0 + 186,16 + 1,83 \cdot 2,4 = 217,55 \text{ Вт} \cdot \text{м}; \\
 M_{П3.1} &= 49,5 + 217,55 + 1,83 \cdot 2,4 = 271,44 \text{ Вт} \cdot \text{м}.
 \end{aligned}$$

Тоді площу поперечного перерізу проводів ділянки 3.1 можна розрахувати, підставивши значення для  $s$ ,  $M_{П3.1}$  та  $\Delta U$  у формулу (3.3):

$$S = \frac{271,44}{72 \cdot 2,5} = 1,51 \text{ мм}^2.$$

Виходячи із розрахункових даних для даної ділянки мережі вибираємо площу поперечного перерізу жил кабеля  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ .

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Спад напруги на даній ділянці буде становити:

$$\Delta U = \frac{49,5}{72 \cdot 2,5} = 0,275 \%$$

На подальші ділянки цієї групової лінії залишається допустимий рівень спаду напруги, котрий становить:

$$\Delta U = 2,5 - 0,275 = 2,225 \%$$

Площа поперечного перерізу жил кабеля для ділянки 3.2 становить

$$S = \frac{217,55}{72 \cdot 2,225} = 1,36 \text{ мм}^2.$$

Отже для даної ділянки вибираємо площу жил кабелів 1,5 мм<sup>2</sup>. Розрахунок площі поперечних перерізів жил кабелів для інших ділянок цієї групової лінії, а також для групових ліній 1 та 2 розраховуємо аналогічно. Результати розрахунку заносимо в таблицю 3.3. Мінімальний переріз жил кабелю зовнішнього освітлення згідно вимог становить 1,5 мм<sup>2</sup>, то саме цю площу перерізу остаточно приймаємо для електричної освітлювальної мережі.

Таблиця 3.3 – Результати електротехнічного розрахунку системи освітлення комплексу трамплінів для стрибків на лижах

Групові лінії	№ ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Момент навантаження, кВт·м	Приведений момент, кВт·м	Розрахункова площа поперечного перерізу жил кабелек, м <sup>2</sup>	Найближча стандартна площа поперечного перерізу жил кабелек, м <sup>2</sup>	Втрата напруги, %	Допустима втрата напруги на подільших ділянках, %	Тип кабелек, переріз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.1	1,5	30	45,00	231,50	1,29	1,5	0,417	2,083	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.2	1,35	18	24,30	182,11	1,21	1,5	0,225	1,858	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.3	1,2	21	25,20	153,42	1,15	1,5	0,233	1,625	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.4	1,05	21	22,05	123,83	1,06	1,5	0,204	1,421	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.5	0,9	21	18,90	97,38	0,95	1,5	0,175	1,246	ВБ6ШВ-4х2,5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.6	0,75	21	15,75	74,09	0,83	1,5	0,146	1,100	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.7	0,6	21	12,60	53,95	0,68	1,5	0,117	0,983	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.8	0,45	21	9,45	36,96	0,52	1,5	0,088	0,896	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.9	0,3	21	6,30	16,87	0,26	1,5	0,058	0,838	ВБ6ШВ-3х2,5
	1,1	0,15	37	5,55	5,55	0,09	1,5	0,051	0,786	ВБ6ШВ-4х2,5
	1.0.7, 1.0.9, 1.0.11, 1.0.13, 1.0.15, 1.0.27, 1.0.17, 1.0.19, 1.0.21	0,15	16	2,40	2,40	0,04	1,5	0,022		ВБ6ШВ-3х2,5
2	2.1	1,2	1	1,2	118,85	0,66	1,5	0,011	2,489	ВБ6ШВ-4х2,5
	2.2	0,6	44	26,4	66,90	0,37	1,5	0,244	2,244	ВБ6ШВ-4х2,5
	2.3	0,4	36	14,4	29,56	0,41	1,5	0,133	2,111	ВБ6ШВ-3х2,5
	2.4	0,2	57	11,4	11,40	0,45	1,5	0,106	2,006	ВБ6ШВ-3х2,5
	2.5	0,6	25	15	50,75	0,28	1,5	0,139	2,350	ВБ6ШВ-4х2,5
	2.6	0,4	28	11,2	26,10	0,35	1,5	0,104	2,246	ВБ6ШВ-3х2,5
	2.7	0,2	56	11,2	11,20	0,42	1,5	0,104	2,143	ВБ6ШВ-3х2,5
	2.0.7, 2.0.9, 2.0.13, 2.0.15	0,2	27	5,4	5,40	0,21	1,5	0,3		ВБ6ШВ-3х2,5
3	3.1	1,65	30	49,5	271,44	1,51	2,5	0,275	2,225	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.2	1,5	18	27	217,55	1,36	1,5	0,25	1,975	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.3	1,35	21	28,35	186,16	1,31	1,5	0,263	1,713	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.4	1,2	21	25,2	153,42	1,24	1,5	0,233	1,479	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.5	1,05	21	22,05	123,83	1,16	1,5	0,204	1,275	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.6	0,9	21	18,9	97,38	1,06	1,5	0,175	1,1	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.7	0,75	21	15,75	74,09	0,94	1,5	0,146	0,954	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.8	0,6	21	12,6	53,95	0,79	1,5	0,117	0,838	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.9	0,45	21	9,45	36,96	0,61	1,5	0,088	0,75	ВБ6ШВ-4х2,5
	3.1	0,3	21	6,3	16,87	0,7	1,5	0,058	0,692	ВБ6ШВ-3х2,5
	3.11	0,15	37	5,55	5,55	0,67	1,5	0,051	0,64	ВБ6ШВ-4х2,5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3.0.25, 3.0.8, 3.0.10, 3.0.12, 3.0.14, 3.0.16, 3.0.26, 3.0.18, 3.0.20, 3.0.22	0,15	16	2,4	2,4	0,31	1,5	0,133		ВББШВ-3х2,5

### 3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту

Розрахунок освітлювальної мережі по струму навантаження проведемо для головних ділянок групових ліній, а також для ділянок, через котрі безпосередньо живляться прожектори. Для трифазної мережі з нульовим проводом робочий струм  $I_p$  розраховується за формулою [15]:

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

де  $P_p$  – розрахункова потужність;

$U_n$  – лінійна напруга;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт активної потужності.

Враховуючи, що  $U_n = 380$  В,  $\cos \varphi = 0,95$  [22] і, підставивши значення розрахункових потужностей для трьох головних ділянок групових ліній у формулу (3.5), отримаємо

$$I_{p1.1} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 2,40 \text{ А,}$$

$$I_{p2.1} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 1,92 \text{ А,}$$

$$I_{p3.1} = \frac{1,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 2,64 \text{ А.}$$

Як видно із результатів розрахунків, робочі струми основних ділянок усіх трьох групових ліній не перевищують допустимого по ПУЕ, котрий для для мідних кабелів з площею поперечного перерізу жил становить 19 А [23].

Робочі струми ділянок, котрі безпосередньо живлять прожектори можна розрахувати за формулою [15]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.6)$$

де  $U_\phi$  – фазова напруга.

Підставивши значення  $U_\phi = 220 \text{ В}$  та  $\cos \varphi = 0,95$  у формулу (3.6), отримаємо значення робочих струмів для ділянок, котрі живлять прожектори потужністю 200 та 150 Вт відповідно:

$$I_p = \frac{0,200 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,96 \text{ А}, \quad I_p = \frac{0,150 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,71 \text{ А},$$

а для мідних двожильних проводів допустимий струм становить 19 А.

Для даних ділянок електричної мережі вибираємо апарат захисту зі струмом плавкої ставки, котрий становить 1 А (марка автоматичного вимикача – ВА 47-29М 1р 1А [29]). Для захисту групових ліній 1 та 3 зупинимо свій вибір на автоматичних вимикачах типу ВА47-29 3п С 3А із струмом відключення 3 А, а для захисту групової лінії 2 – автоматичний вимикач ВА47-29 3р С 3А зі струмом відключення 2 А [30].

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок та електрообладнання громадських споруд

Виділяють три системи засобів та заходів забезпечення електробезпеки:

- система технічних засобів та заходів;
- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів та засобів; система технічних засобів електробезпеки. Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні та монтажі відповідно до чинних нормативів.

За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки діляться на дві групи:

- технічні заходи та засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи та засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби та заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блоківки безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.					47	
Консульт.		Гурик О.Я.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						



вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації та конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів та заходів.

Ізоляція струмовідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус; електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови відсутності фаз з пошкодженою ізоляцією.

Згідно ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения” розрізняють ізоляцію

- робочу – забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження електричним струмом;
- додаткову – забезпечує захист від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції;
- подвійну – складається з робочої і додаткової;
- підсилену – поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий рівень захисту, як і подвійна.

Статистичні дані щодо електротравматизму свідчать, що більшість електротравм пов'язані з дотиком до струмовідних частин електроустановок (біля 56 %). Якщо в установках до 1000 В небезпека електротравм пов'язана, переважно, з дотиком до неізольованих струмовідних елементів електроустановок, то при напрузі більше 1000 В електротравми можливі і при дотику до ізольованих струмовідних частин.

Основними заходами забезпечення недоступності струмовідних частин є застосування захисних огорожень, закритих комутаційних апаратів (пакетних вимикачів, комплектних пускових пристроїв, дистанційних електромагнітних приладів управління споживачами електроенергії тощо), розміщення неізольованих

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

струмовідних частин на недосяжній, для ненавмисного доторкання до них інструментом, висоті, різного роду пристосуваннями тощо, обмеження доступу сторонніх осіб в електротехнічні приміщення. Засоби орієнтації в електроустановках дають можливість персоналу чітко орієнтуватись при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям. До засобів орієнтації в електроустановках належать: маркування частин електрообладнання, проводів і струмопроводів (шин), бирки на проводах, забарвлення неізольованих струмовідних частин, ізоляції, внутрішніх поверхонь електричних шаф і щитів керування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, комутаційні схеми, знаки високої електричної напруги, знаки постійно попереджувальні тощо.

Попереджувальні сигнали використовують з метою забезпечення надійної інформації про перебування електрообладнання під напругою, про стан ізоляції та пристроїв захисту, про небезпечні відхилення режимів роботи від номінальних тощо. Світловою сигналізацією обладнуються в електроустановках напругою понад 1000 В комірки роз'єднувачів, масляних вимикачів, трансформаторів. У ввідних шафах комплектних трансформаторних під станцій, незалежно від величини напруги, передбачається попереджувальна сигналізація станів „Увімкнено” і „Вимкнено”.

Технічні заходи попередження електротравм при переході напруги на неструмовідні частини електроустановок. Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне відключення.

Захисне заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения”, захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380 В і більше змінного струму і 440 В і

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

більше постійного струму незалежно від категорії приміщень (умов) щодо безпеки електротравм;

- електроустановки напругою більше 42 В змінного струму і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою електротравм, а також електроустановки поза приміщеннями;

- всі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

Принципова схема функціонування захисного заземлення наведена на рисунку 4.1.

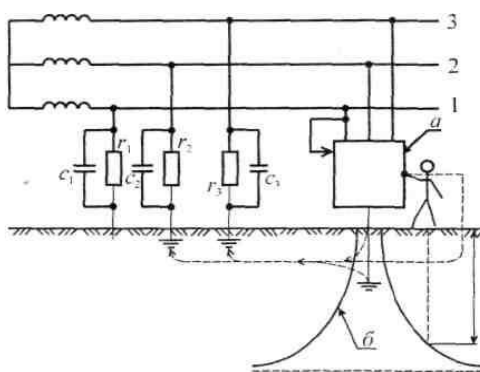


Рисунок 4.1 – Принципова схема функціонування захисного заземлення:

а – електроустановка; б – розподіл потенціалів на поверхні землі в зоні розтікання струму.

Відповідно до зазначеного заземлюються:

- неструмовідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;  
- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більш 110 В постійного струму.

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

електроенергії;

- опори повітряних ліній електропередач.

**Занулення.** Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезпеку. Термины и определения”, занулення в загальному розумінні – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим вводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

**Захисне відключення.** Призначення захисного відключення – відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмовідні її елементи. Застосовується в доповнення до захисного заземлення (занулення) для забезпечення надійного захисту, перш за все, в умовах особливої небезпеки електротравм.

#### **- 4.2 Актуальність проблеми електробезпеки**

Сучасний рівень технічного прогресу неможливий без широкого впровадження електроустаткування, що в свою чергу викликає необхідність постійного вдосконалення вимог щодо його безпечного обслуговування та засобів захисту. Електроенергія – рухлива сила всього сучасного життя, без нього не можуть обходитися більшість життєво необхідних систем. Тим не менш більшість людей помирають чи отримують пошкодження від електроенергії.

Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства зумовлює розширення кола осіб, котрі експлуатують

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

електрообладнання. Тому проблема електробезпеки під час експлуатації електрообладнання набуває особливого значення.

Елетротравматизм порівняно з іншими видами травматизму має деякі відмінні особливості. Елетротравматизм складає близько 1% від загальної кількості усіх нещасних випадків на виробництві. Проте серед нещасних випадків зі смертельними наслідками елетротравми складають близько 40%, посідаючи одне з перших місць, причому близько 90% смертельних уражень електричним струмом трапляється в електроустановках з напругою 127 – 380 В.

Необхідно розрізнити наступні елетротравми:

- пов'язані з порушеннями нормальної роботи електрообладнання, при яких через тіло людини утворюється електрична петля чи в результаті яких людина опиняється в електромагнітному полі більшої напруги;

- пов'язані з порушенням нормальної роботи електрообладнання, при яких не виникає електрична петля через тіло людини, а ураження людини викликається опіками, механічними травмами, осліпленням дугою і т.д.;

- змішані, при яких на потерпілого спільно впливають фактори, вказані в попередніх пунктах.

Наслідки негативного впливу дії електричного струму на організм людини залежать від наступних факторів:

- сили струму та напруги; (до 5 мА – безпечний; 5 ÷ 20 мА – спостерігаються легкі травми; 20 ÷ 50 мА – травми серцевої системи; 50 ÷ 100 мА – відбуваються важкі травми; більше 100 мА – настає смерть);

- опору тіла людини проходженню струму;

- виду та частоти струму;

- тривалості проходження струму крізь тіло людини (до 4 хв. – наслідки майже непомітні; до 6 хв. – інвалідність людини; до 8 хв. – клінічна смерть, кома; більше 8 хв. – біологічна смерть.

- шляху протікання струму через людину;

- індивідуальних властивостей людини.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою запобігання подібним нещасним випадкам та підвищення рівня електробезпеки необхідно здійснювати організаційно-технічні заходи, спрямовані на поліпшення стану електробезпеки на підприємствах:

- створення нормативної бази з питань електробезпеки;
- дотримання вимог безпеки при розробці електроустановок, їх спорудженні та експлуатації;
- підвищення рівня навчання електротехнічного персоналу, всього населення щодо розуміння небезпеки ураження електричним струмом;
- безпечного поводження при виконанні робіт в електроустановках та при користуванні ними.

.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні нормативні вимоги, котрі висуваються до освітлення спортивних споруд та наведено основні світлотехнічні характеристики, котрі є регламентовані для реалізації вимог щодо систем освітлення об'єктів спортивного призначення.

2. Розглянуто класифікацію та конструктивні особливості лижних трамплінів, а також вимоги, які висуваються до їх параметрів. Предметом проектування у кваліфікаційній роботі визначено діючий комплекс трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард», котрий знаходиться у с.м.т. Ворохта Яремчанської міськради Івано-Франківської області.

3. Проведено аналіз конструктивних особливостей комплексу трамплінів для стрибків на лижах НСБ «Авангард». Визначено параметри трамплінів та конструктивні особливості, котрі потрібно враховувати при проектуванні їх системи освітлення.

4. Здійснено вибір нормованих параметрів системи освітлення лижного трампліну. Для трамплінів, котрі розглядаються в роботі встановлено, що їх системою освітлення потрібно забезпечити освітленість гори розгону, стартового майданчика та гори приземлення на рівні не нижче 30 лк і освітленість поверхні столу відриву – не нижче 50 лк.

5. В якості світлових приладів вибрано світлодіодні прожектори потужністю 200 Вт для освітлення гори розгону, та потужністю 150 Вт для освітлення гори приземлення та майданчика зупинки, які передбачено встановити на висоту відповідно 24 та 12 м.

6. В пакеті DIALux виконано світлотехнічний розрахунок запропонованої системи освітлення, результатами якого визначено кути свічення світлових приладів, а також місце їх встановлення та кількість.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мороз І.А.			<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.					54	
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

Встановлено, що для забезпечення нормативних вимог, котрі висуваються до освітлювальних установок лижних трамплінів необхідно застосувати 21 прожектор типу Д072У потужністю 150 Вт та кутом розсіювання 50/50°, та 6 прожекторів потужністю 200 Вт та кутом розсіювання 20/20°. Потужність освітлювальної установки при цьому складає 4,35 к Вт.

7. Для живлення освітлювальної установки було вибрано мережу зовнішнього освітлення із системою заземлення TN-C. Проведено розрахунок та вибрано матеріал та перерізи жил кабелів та апарати захисту електричної освітлювальної мережі для комплексу трамплінів.

.

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд: навч. посібник / Л. А. Назаренко, В. О. Салтиков, Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 217 с.
2. ДБН В.2.2 – 13 – 2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. – 105 с.
3. ДБН В 2.5-23–2003 Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Держбуд України, 2004.– 180 с.
4. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
5. DIN EN 12193. Light and lighting - Sports lighting.
6. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.
7. Освещение спортивных сооружений [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 15 травня]. – Режим доступу до журн.: <https://emitter.pro/blog/osveshhenie-sportivnyh-sooruzhenij/>.
8. Освещение для спортивных объектов и других сооружений [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 20 травня]. – Режим доступу до журн.: <https://vela.com.ua/osveschenije-sportivnih-objektov.html>.
9. Спортивное освещение. Свет для рекордсмена [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 21 травня]. – Режим доступу до журн.: <http://www.svettut.ru/articles/169-record.html>.
10. Трамплін [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 21 травня]. – Режим доступу до журн.:

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>					
Розроб.		Мороз І.А.						Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Осадца Я.М.							56	
Консульт.								ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.								
Затверд.		Тарасенко М.Г.								

<http://vseslova.com.ua/word/%d0%a2%d1%80%d0%b0%d0%bc%d0%bf%d0%bb%d1%96%d0%bd-108461u>.

11. Єдина спортивна класифікація України на 1997-2001 рр. Ч. 1. Олімпійські види спорту. - К., 1997. – 161 с.

12. ВСН 3-71. Указания по проектированию лыжных баз (трасс трамплинов и зданий). – М.: Госгражданстрой, 1972.– 50 с.

13. ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗИМНИХ ВИДОВ СПОРТА (ЛЫЖНЫЕ ВИДЫ, БОБСЛЕЙ, САННЫЙ СПОРТ) [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 18 травня]. – Режим доступу до журн.: [http://www.thsport.ru/info\\_docs/normativ\\_docspdf](http://www.thsport.ru/info_docs/normativ_docspdf)

14. Царьков В.М. Освещение спортивных сооружений. – М.: Энергия, 1971. – 72 с. С илл.

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

16. ДНаТ vs люминесцентные лампы [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 29 травня]. – Режим доступу до журн.: <https://Захар4enko.livejournal.com/291604.html>

17. HQI-T 250 W/D PRO POWERSTAR HQI-T | Металлогалогенные лампы с кварцевой горелкой для закрытых светильников лампы [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 29 травня]. – Режим доступу до журн.: <https://it-price.com/upload/iblock/b23/b23428f49753c85690cea716ad127d69.pdf>.

18. Product datasheet HQL 250 W E40 HQL | Mercury vapor lamps for open and enclosed luminaires [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 29 травня]. – Режим доступу до журн.: [https://www.osram.com/apps/jpdc/pdf.do?cid=GPS01\\_1028122&vid=PP\\_EUROPE\\_Europe\\_ErP&lid=EN&mpid=ZMP\\_58334](https://www.osram.com/apps/jpdc/pdf.do?cid=GPS01_1028122&vid=PP_EUROPE_Europe_ErP&lid=EN&mpid=ZMP_58334).

19. Источники света [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 29 травня]. – Режим доступу до журн.: [https://studref.com/671212/tehnika/istochniki\\_sveta](https://studref.com/671212/tehnika/istochniki_sveta)

									Арк.
									57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

20. Освещение спортивных объектов: кратко о главном [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 30 травня]. – Режим доступа до журн.: <https://www.s-bc.ru/news/osveshenie-sportivnyh-ob-ektov-korotko-o-glavnom.html>

21. Литвиненко А. С. Світлові прилади: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А. С. Литвиненко, О. Л. Черкашина ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 125 с.

22. ДО72У (МОДЕЛЬ А) [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 30 травня]. – Режим доступа до журн.: <http://vatra.ua/ukr/floodlights/do72u-a-VATRA>

23. Таблица допустимих струмів і навантажень для кабелів і проводів [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 02 червня]. – Режим доступа до журн.: <https://vincab.com.ua/informatsiya/tablicya-dopustimih-strumiv-i-navantazhen-dlya-kabeliv-i-provodiv-4/>.

24. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.

25. Сендерович Г.А. Электричні системи і мережі: короткій конспект лекцій за курсом „ Электричні системи і мережі”. Харків: ХДАМГ, 2003. – 73 с.

26. Таблица допустимих струмів і навантажень для кабелів і проводів [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 02 червня]. – Режим доступа до журн.: <https://vincab.com.ua/informatsiya/tablicya-dopustimih-strumiv-i-navantazhen-dlya-kabeliv-i-provodiv-4/>

27. СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ TN-S, TN-C, TNC-S, TT, IT [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 31 травня]. – Режим доступа до журн.: [https://zandz.com/ru/biblioteka/sistemy\\_zazemlenieya\\_TNS\\_TNC\\_TNCS\\_TT\\_IT/](https://zandz.com/ru/biblioteka/sistemy_zazemlenieya_TNS_TNC_TNCS_TT_IT/)

28. Каталог-2021 кабельно-провідникової продукції від Запорізького заводу кольорових металів [Электронный ресурс] – [Цит. 2021, 06 червня]. – Режим доступа до журн.: <http://zzcm.com.ua/img/ZZKM-Catalog.pdf>

29. Автоматичний вимикач ВА 47-29М 1р 1А 4,5 кА В ІЕК MVA21-1-

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

001-В [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 06 червня]. – Режим доступу до журн.:  
<https://electrocontrol.com.ua/ua/avtomaticheskie-vyklyuchateli/avtomaticheskii-vykluchatel-va-47-29m-1r-1a-45-ka-v-iek-mva21-1-001-v>

30. , Силовой автомат ІЕК ВА47-29 3п С 2А [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 06 червня]. – Режим доступу до журн.:  
<https://axiomplus.com.ua/avtomaticheskie-vyklyuchateli/product-33771/>

					КРБ 19–036.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59