

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Спорудження лінії електропередачі напругою 35 кВ**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТЗс-42
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Дімітрієва Г.О.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Белякова І.В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Вакуленко О. О.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Тарасенко М. Г.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (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 Дімітрієвій Габрієллі Олексіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Спорудження лінії електропередачі напругою 35 кВ.

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» лютого 2021 року № 4/7-132

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Описування траси повітряної лінії електропередачі, характеристика району будівництва

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. План і повздовжній профіль ділянки траси з схемами

1 л. ф – А1

2. Монтажні схеми опор та фундаментів

1 л. ф – А1

3. Організаційна структура дільниці

1 л. ф – А1

4. Графік виконання робіт

1 л. ф – А1

5.

1 л. 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	15.03.2021	
2	Аналітичний розділ	28.03.2021	
3	Проектно-конструкторський розділ	31.04.2021	
4	Розрахунковий розділ	30.05.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2021	
6	Загальні висновки	03.06.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	06.06.2021	

Студент

(підпис)

Дімітрієва Г.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Белякова І.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТзс–42. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 70; рис. 9; табл. 23; креслень 4; джерел 11; додатків 4.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Спорудження лінії електропередачі напругою 35 кВ».

Метою роботи є забезпечення дотримання вимог сучасної нормативно–технічної документації щодо спорудження лінії електропередачі напругою 35 кВ.

Вибрано провід марки АС-120/19. Проведено перевірку вибраного перерізу проводу на нагрівання. Здійснено розрахунок проводу марки АС-120/19 на міцність. У якості грозозахисного тросу передбачено використати сталевий трос марки С-35. Знайдено механічні одиночні та питомі навантаження сталевалюмінієвого проводу марки АС-120/19 для ПЛ напругою 35 кВ. Проведено розрахунок і комплектацію гірлянд ізоляторів. Визначено навантаження на опору в нормальному та аварійному режимах. Здійснено вибір конструкції повітряної лінії. Визначено тривалість будівництва ПЛ. Визначено матеріальні ресурси для будівництва лінії. Визначено необхідну кількість транспорту і кранів. Визначено обсяг працезатрат по всім видам робіт. Здійснено вибір та обґрунтування методів виконання робіт. Проведено пояснення до організації структури ділянки. Проведено розрахунок та побудову графіку виконання робіт. Передбачено контроль якості робіт. Описані заходи по задачі ЛЕП в експлуатацію.

Ключові слова: ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, ПІДСТАНЦІЯ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Дімітрієва Г.О.						
Керівник		Белякова І.В.					3	1
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М. Г.						

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Описування траси повітряної лінії електропередачі.....	8
1.2 Характеристика району будівництва.....	10
1.3 Постановка задач	13
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1 Електричний розрахунок проводів	14
2.2 Визначення одиночних навантажень на провід і трос.....	23
2.3 Розрахунок і комплектація гірлянд ізоляторів.....	27
2.4 Визначення навантажень на опору.....	29
2.5 Вибір конструкції повітряної лінії	34
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	41
3.1 Визначення тривалості будівництва повітряної лінії	41
3.2 Визначення матеріальних ресурсів для будівництва повітряної лінії.....	42
3.3 Визначення необхідної кількості транспорту і кранів.....	42
3.4 Визначення обсягів працезатрат по всім видам робіт.....	46
3.4.1 Визначення об'ємів земляних робіт	46
3.4.2 Визначення об'ємів робіт по вирубуванню просіки	48
3.4.3 Зведена відомість об'ємів робіт	49
3.4.4 Визначення трудовитрат по всім видам робіт	51
3.5 Вибір та обґрунтування методів виконання робіт при спорудженні повітряної лінії електропередачі	53

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ				
					ЗМІСТ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Дімітрієва Г.О.				Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Белякова І.В.					4	2	
Консульт.					ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42				
Н. Контр.		Вакуленко О. О.							
Затверд.		Тарасенко М. Г.							

3.6 Пояснення до організаційної структури дільниці.....	54
3.7 Розрахунок і побудова графіку виконання робіт	55
3.8 Контроль якості робіт.....	57
3.9 Заходи по здачі повітряної лінії електропередачі в експлуатацію .	61
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	63
4.1 Техніка безпеки при будівельно-монтажних роботах	64
4.2 Причини електротравматизму.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
ДОДАТКИ.....	1
Додаток А.....	2
Додаток Б.....	3
Додаток В.....	4
Додаток Г.....	5

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Енергетика являється однією із ключових галузей суспільного виробництва. Вона відіграє важливу роль в розвитку української економіки, підвищення рівня життя людей, розвитку технічного прогресу. Значне використання електроенергії в промисловості, транспорті, сільському господарстві, побуті зумовлене простотою її передачі на великі відстані та перетворення у інші види - теплову, механічну, світлову енергії. [11]

Електричні станції є джерелами електроенергії. Вони перетворюють енергію палива, нетрадиційних джерел, води в електроенергію.

Електричні станції об'єднують за допомогою високовольтних ліній електропередачі для паралельної роботи. Це об'єднання призначене для вироблення, передачі та розподілення електроенергії між споживачами. В склад такої системи входять генератори, розподільчі пункти, високовольтні лінії електропередач, лінії електропередач низької напруги, підстанції, електричні приймачі. Такі окремі системи з'єднують високовольтними лініями, в наслідок чого утворюється об'єднана електроенергетична система. [11]

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Белякова І.В.					6	1
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М. Г.						

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Електрична мережа або електромережа — взаємозв'язана мережа, призначена для постачання та розподілу електричної енергії від постачальників до кінцевих споживачів.

Електричні мережі складаються з ліній електропередачі (ЛЕП), підстанцій (ПС) та розподільних пристроїв (РП).

ЛЕП – електроустановка, призначена для передачі електроенергії на відстані.

ПС – електроустановка, для перетворення та розподілу електроенергії. Вона складається з трансформаторів та інших перетворювачів енергії, розподільних пристроїв, пристроїв керування та допоміжних споруд.

РП – електроустановка, яка служить для прийняття та розподілу електроенергії, у яку входять комутаційні апарати, збірні шини, допоміжні пристрої, а також пристрої захисту, автоматики і вимірювальні прилади.

Другий розділ роботи містить детальну розробку основних несучих конструкцій повітряної лінії електропередачі.

Цей розділ роботи виконаний відповідно до загальних принципів, проектування конструкцій в тісній ув'язці з об'ємно-планувальним рішенням і з урахуванням вимог індустріалізації та економіки будівництва. Технічний процес конструкцій повітряних ліній змінного струму та всіх етапах їх розвитку полягав у збільшенні параметрів по напрузі, передаваній потужності та дальності передачі електроенергії.

Вихідними даними для розрахунку повітряних ліній електропередачі змінного струму є відомі потужності або струми приймачів електроенергії, значення номінальних напруг ЛЕП, а також параметри та схеми електричних сполучень елементів електричних мереж, на підставі яких складається

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Белякова І.В.					7	7
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

розрахункова схема. За такого підходу враховуються характерні особливості мережі – конструктивне виконання ЛЕП, їхня довжина, номінальна напруга і призначення розрахунків, які можуть бути проектними чи експлуатаційними.

Під час проектування конструкційної частини повітряних ліній електропередачі розглядаються такі задачі:

- визначення рівнів і режимів електроспоживання;
- визначаються розрахункові кліматичні умови;
- виконується механічний розрахунок проводів і тросів;
- вибираються конструкції уніфікованих опор та фундаментів;
- визначається оцінка необхідних капіталовкладень і обсягів постачання основного обладнання;
- розставляються опори за профілем траси лінії електропередачі.

1.1 Описування траси повітряної лінії електропередачі

Завдання роботи є розрахунок та організація робіт по спорудженню лінії електропередачі напругою 35 кВ, довжиною 29,30 км.

Будова повітряних ЛЕП може мати різні форми, в залежності від типу лінії. Каркасом може служити простий дерев'яний стовп, що має одну чи більше поперечок для підтримки проводу. Високовольтні ЛЕП виконуються зазвичай наступними:

- Збудовані з ґратчастих сталевих опор;
- Бетонні опори;
- Сталева опора циліндричного типу (в Україні встановлено менше 10 таких опор);
- Опори, виготовлені з пластику високої міцності (застосовують рідко через високу собівартість).

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітряні лінії вимагають менших капітальних витрат в порівнянні з кабельними. Вони більш зручні у експлуатації, бо пошкодження легше виявити під час огляду, але повітряні ЛЕП менш надійні та є більш небезпечними, ніж кабельні (підземні).

Конструкція ЛЕП, її проектування та будівництво регулюються ПУЕ [2] та Будівельними нормами і правилами.

Проектна повітряна лінія електропередачі спроектована для будівництва в Тернопільській області, по виду місцевості – ненаселена.

Характеристика ґрунтів – суглинок. Під час проходження траси повітряної лінії існує лісистість по трасі довжиною 4,25 км (ліс густий твердих порід) та болота довжиною 2,40 км (болота проходимі).

В результаті проектно-пошукових робіт вибрано найбільш оптимальний варіант проходження траси ПЛ. При виборі траси проектуємо ПЛ враховано необхідність максимального зменшення збитків, що можуть бути завдані власникам земельних ділянок, територій, інженерним спорудам, перетинаємих проектуємою ПЛ, та навколишньому середовищу у процесі проведення будівельно-монтажних робіт.

Повітряна лінія проектується на номінальну напругу $U=35$ кВ загальною довжиною $L=29,30$ км. Кількість кіл – одне.

Потужність, що передається по проектуємій повітряній лінії електропередачі в Тернопільській області становить $P=5383,50$ кВт, $\cos\phi=0,888$ при річній тривалості використання максимуму активного навантаження $T_{\max}=5440$ годин.

Початок будівництва повітряної лінії електропередачі в Тернопільській області становить місяць квітень.

У якості струмопровідних частин передбачається використати сталевалюмінієвий провід марка якого буде визначена в результаті електричного розрахунку. У якості грозозахисного троса, передбачено використати сталевий трос марки С - 35.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Лінія проектується з використанням металічних опор типу У - 35 у якості кінцевих, анкерних та анкерно–кутових, а також перехідних через не електрифіковані залізні дороги та шосейні шляхи. У якості проміжних опор передбачається використати залізобетонні опори типу ПБ - 35.

Траса проектуємої ПЛ пересікає 2 залізні дороги, 2 автомобільних шосе першої категорії, 1 – річку, 1 – повітряну лінію 0,4 кВ та 1 лінію зв'язку. Детальна характеристика наявних переходів приведена у вигляді табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика переходів

Назва переходу	Кількість	Тип опори на переходах	Необхідний габарит проводу в нормальному режимі роботи, м
Залізні дороги	2	У - 35	7.5
Шосейні дороги	2	У - 35	7.0
Річка	1	У - 35	6.0
ПЛ 0,4 кВ	1	У - 35	3.0
Лінії зв'язку	1	ПБ - 35	3.0

1.2 Характеристика району будівництва

До теперішнього часу нормативні документи України не враховували вплив топографічних умов місцевості та кліматичні навантаження, за винятком енергетичної галузі, де існують рекомендації враховували деякі принципи призначення базових залежностей зміни вітрового тиску та ваги ожеледі від мікрокліматичних та мезокліматичних умов топографії. Але ж більшість закордонних нормативів враховують ці залежності. Значна кількість відмов повітряних ліній та значні підвищення впливів підтверджують необхідність врахування топографічних особливостей при проектуванні.

При розробці глави 2.5 ПУЕ: 2006 в результаті проведених досліджень було розроблено принципи методик з урахування топографії, які базуються на існуючих закордонних та міжнародних нормативних документах, існуючі нормативній базі та результатах власних досліджень. Складовими частинами нормативних документів стали такі розділи:

- Типізація форм рельєфу для визначення висотних залежностей та локальних кліматичних умов за даними метеостанцій;
- Визначення кліматичних навантажень на повітряній лінії в гірській місцевості;
- Визначення впливу локальних властивосте місцевості та вітряні навантаження.

Типізація рельєфу є допоміжним інструментом для визначення кліматичних навантажень на повітряну лінію електропередачі, траса якої розташована у горбкуватій місцевості, якщо відмітки за профілем траси відрізняються більше ніж на 100 м. на ділянки до 3 км.

Побудова графіків залежності кліматичних навантажень за висотою проводиться з урахуванням періоду повторюваності кліматичних навантажень, які для ПЛ, що приймається згідно з вимогами ПУЕ: 2006, а для ліній, що реконструюються, - згідно з вимогами «Методичних вказівок з оцінки технічного стану повітряних ліній електропередачі напругою 35 – 750 кВ».

Конструкції ЛЕП визначаються проектом, де вказується її намінальна напруга та марка проводів із врахуванням метеорологічних та геологічних умов вздовж траси лінії. Для визначання навантажень на дроти та механічних навантажень в їх матеріалах потрібно знати кліматичні умови у районі спорудження лінії (вітрові навантаження, ожеледь, що викликають такі явища як вібрація, обрив дротів, хитання проводів).

Кліматичні умови різних районів України та їх вплив на ЛЕП визначають на основі статистичної обробки метеорологічних спостережень.

Кліматичні умови так впливають на повітряні лінії електропересилання:

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- температура повітря впливає на натяг і прогин проводів та тросів. Дуже небезпечними є максимальна та мінімальна температури, під час яких відповідно спостерігається найбільше провисання і натяг проводів.

Небезпечними також є низькі температури у поєднанні із потужними швидкостями вітру. Також небезпечними є температури, що сприяють обмерзанню проводів та виникненню грозових явищ.

- вітер своїм тиском створює поперечне навантаження на дріт і характеризується напором вітру;

- ожеледно-паморозні утворення, які являють собою накопичення на дротах в вигляді інію, ожеледі, паморозі та суміші ожеледі із памороззю, що створюють значні додаткові навантаження на елементи повітряної лінії. Дроти і троси повітряної ЛЕП за певних атмосферних умов покриваються інієм, ожеледдю і обліплюються снігом. Наявність цих додаткових навантажень значно погіршує роботу дротів не тільки через додаткову вагу, але і через зростання навантаження від вітру, бо вітер в цьому випадку тисне на велику поверхню. Ожеледь не тільки розриває дроти, але і руйнує опори. Для боротьби з утворенням ожеледі на дротах використовують плавлення їх електричним струмом.

Результати дослідження атмосферних впливів на повітряні ЛЕП дали можливість скласти карти кліматичного районування території України за швидкістю напору вітру та товщиною стінки ожеледиці.

Згідно з картами районування території країн СНД дана область знаходиться в районах [2]:

- за швидкістю напору вітру - III.

Для цього району максимальний швидкісний напір вітру 1 раз в 10 років становить $q = 50 \text{ кгс} / \text{м}^2$ при максимальній швидкості вітру $\lambda = 29 \text{ м/с}$, згідно [3] табл. 1-3.

- за товщиною стінки ожеледі – II.

Для цього району максимальна стінка ожеледиці становить 10 мм. [3] табл. 1-5.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Постановка задач

Необхідно:

1. Вибрати провід ПЛ. Провести перевірку вибраного перерізу проводу на нагрівання. Здійснити розрахунок проводу на міцність. Передбачити використання тросу у якості грозозахисту.
2. Знайти механічні одиничні та питомі навантаження сталевалюмінієвого проводу для ПЛ напругою 35 кВ.
3. Провести розрахунок і комплектацію гірлянд ізоляторів.
4. Визначити навантаження на опору в нормальному та аварійному режимах.
5. Здійснити вибір конструкції повітряної лінії.
6. Визначити тривалість будівництва ПЛ.
7. Визначити матеріальні ресурси для будівництва лінії.
8. Визначити необхідну кількість транспорту і кранів.
9. Визначити обсяг працевитрат по всім видам робіт.
10. Здійснити вибір та обґрунтування методів виконання робіт.
11. Провести пояснення до організації структури ділянки.
12. Провести розрахунок та побудову графіку виконання робіт
13. Передбачити контроль якості робіт
14. Описати заходи по здачі ЛЕП в експлуатацію.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Електричний розрахунок проводів

Повітряні лінії електропередач призначені для передачі електроенергії на відстані. Одним з основних елементів повітряних ліній електропередачі є провід (дроти) і троси. На повітряних лініях електропередачі підвішують найчастіше голі (неізолювані) проводи, згідно з державним стандартом у якого одна або декілька струмопровідних жил.

Проводів з одного дроту дешеві ніж багатодротові, але менше гнучкі, мають малу міцність та використовують як правило, на лініях напругою до 1000 В.

Багатодротові дроти використовують на лініях всіх напруг, вони характеризуються великою механічною міцністю та гнучкість.

Для проводів та тросів висувають такі вимоги:

- матеріал проводів повинен мати високу електричну провідність;
- проводи та троси повинні володіти високою механічною міцністю, яка може допускати можливо більший їх натяг, що в свою чергу дозволяє зменшити висоту опор та збільшити довжину прогонів, а це істотно впливає на економічність споруди ПЛ;
- матеріал проводів та тросів повинен витримувати атмосферний вплив, тобто бути стійким проти корозії зумовленої атмосферними опадами, забрудненістю атмосфери промисловими підприємствами та відкладенням солей;
- проводи та троси повинні задовольняти умови економічності (з цією метою намагаються використовувати проводи з менш дефіцитних та більш дешевих матеріалів).

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Белякова І.В.					14	27
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

Повітряні лінії виконуються голими (неізолюваними) проводами.

Повітряні лінії монтують з голих мідних, сталевих, сталеалюмінієвих та інших проводів.

Проводи з одного дроту дешевші ніж багатодротові, але менш гнучкі, мають малу міцність та використовують як правило, на лініях напругою до 1000 В.

Багатодротові дроти використовують на лініях всіх напруг, вони характеризуються великою механічною міцністю та гнучкістю.

Згідно Державного стандарту 839-80 сталеалюмінієві проводи позначають літерами АС з додаванням через дефіс дробу, в чисельнику якого - номінальний переріз алюмінієвої частини, а в знаменнику - сталевій частини проводу.

Визначаємо струм навантаження лінії у нормальному режимі її роботи. Кількість годин використання максимального навантаження на ПЛ 35 кВ складає $T_M=5440$ годин:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi \times n}, [A] \quad (2.1)$$

де,

P – потужність, яка передається по даній ПЛ, кВт;

U – напруга заданої ПЛ, кВ;

$\cos\phi$ – коефіцієнт потужності споживачів;

n – кількість кіл, шт.

$$I = 5383,50 / (\sqrt{3} * 35 * 0,888 * 1) = 100,005 \text{ A}$$

$$I_p = I \times \lambda_i \times \lambda_T, [A] \quad (2.2)$$

де

I - струм лінії на п'ятому році експлуатації, А;

λ_i – коефіцієнт, який враховує зміну навантаження лінії з роками експлуатації, в.о.; для ліній 35 кВ значення λ_i приймаємо рівним 1,03;

λ_T – коефіцієнт, який враховує кількість годин використання максимального навантаження лінії T_{max} , а також потрапляння цього максимуму в максимум енергосистеми, в.о.; приймається рівним 1,0.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$I_p = 100,005 * 1,03 * 1,0 = 103,005 \text{ A.}$$

На основі розрахунків, вибираємо провід марки АС - 120/19 з таблиці 7.8 [2] по економічним інтервалам струмових навантажень.

Допустимий струм навантаження для даного проводу $I_{\text{доп}} = 390 \text{ A}$ табл. 8.53 [2].

Дані вибраного проводу заносимо в табл. 1.2.

Проводимо перевірку вибраного поперечного перерізу проводу на нагрівання по формулі:

$$I_p \leq I_{\text{доп}}; \text{ або } I_{\text{п.а}} \leq I_{\text{доп}}, \text{ A} \quad (2.3)$$

Так як $I_{\text{п.а}} = 1 * 103,005 = 103,005 \text{ A} < I_{\text{доп}} = 390 \text{ A}$.

Перевірку по допустимим втратам та відхиленню напруги не проводимо, так як підвищення рівня напруги шляхом збільшення перерізу проводів на ПЛ 35 кВ і вище у порівнянні із застосуванням трансформаторів з РПН або засобів компенсації реактивної потужності економічно не виправдано.

Крім розрахунку проводів за максимальним допустимим напруженням $\sigma_{\text{доп}}$, обчислюються напруження в них, якщо середня річна температура t_e і відсутня зовнішні навантаження. Отже, проводи розраховуються для таких умов:

- найбільшого зовнішнього навантаження;
- мінімальної температури за відсутності зовнішніх навантажень;
- середньорічної температури за відсутності зовнішніх навантажень.

Для розрахунку проводів марки АС – 120/19 на міцність можна використовувати усереднені значення фізико-механічних характеристик матеріалів, які наведено в табл. 2.1 та 2.2.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 2.1 - Усереднені значення фізико-механічних характеристик матеріалів

Марка проводу	Число та діаметр проволоч, $n \times d$, шт \times мм		Розрахункове січення, F , мм ²			Розрахунковий діаметр, d , мм		Маса проводу m , кг/км
	алюмінію	сталі	алюмінію	сталі	всього	сталюї серцевини	проводу	
АС-120/19	26 \times 2,4	7 \times 1.85	118	18.8	136.8	5.6	15.2	471

Таблиця 2.2 - Усереднені значення фізико-механічних характеристик матеріалів

Приведене навантаження від власної ваги, γ_1 , кг \times с/(м \times мм ²)	Модуль пружності, E , кг \times с/мм ²	Температурний коефіцієнт лінійного збільшення, K_t , К ⁻¹	Допустиме напруження, кг \times с/мм ²	
			при найбільшому навантаженні та низькій температурі, σ_d	при середньорічній температурі, σ_e
0.00346	8250	0.0000192	13	8.7

Троси (линви) призначені для захисту ПЛІ від атмосферних перенапруг та прямого попадання блискавки, а також зменшення впливів на лінію зв'язку.

Трос підвищується на опорах вище проводів. Завжди на напругу 110 кВ і більше, на напругу 35 кВ тільки на 2 км на початку і в кінці лінії.

Сталеві троси, не залежно від ступеня агресивності навколишнього середовища, повинні покриватись цинком для запобігання передчасної корозії.

Для великих значень однофазного струму КЗ в якості грозозахисних тросів використовують сталюалюмінієві проводи. Переріз грозозахисного тросу вибирається за механічним розрахунком.

Комбіновані (біметалеві) проводи з різним відношенням січення А та С дають наступні вимоги:

- 1) $A:C \approx 6$ – це січення проводу не більше 185 мм^2 , в районах з ожеледдю до 20 мм.
- 2) $A:C \approx 8$ – де січення проводу 240 мм^2 та більше, при товщині ожеледі до 20 мм.
- 3) $A:C \approx 4$ – де ожеледь більше 20 мм.
- 4) $A:C \approx 1,5$ – при переходах через річки, озера і т.д.
- 5) Січення тросу залежить від напруги 35 кВ, тоді трос С - 35;
якщо напруга 110 кВ, тоді трос С - 50;
якщо напруга 220 кВ, тоді трос С - 70.

На даній лінії у якості грозозахисного тросу передбачено використати сталевий трос марки С - 35, фізико-механічні характеристики якого згідно подано в табл. 2.3 та табл. 2.4.

Таблиця 2.3 - Фізико-механічні характеристики сталевий тросу марки С-35

Марка тросу	Число та діаметр проволоч, $n \times d$, шт \times мм	Розрахункове січення тросу, F , мм^2	Розрахунковий діаметр тросу, d , мм	Маса троса, кг/км
С - 35	7 \times 2,5	34,4	7,8	272

Таблиця 2.4 - Фізико-механічні характеристики сталевий тросу марки С-35

Приведене навантаження від власної ваги, γ_1 , $\text{кг} \times \text{с} / (\text{м} \times \text{мм}^2)$	Модуль пружності, E , $\text{кг} \times \text{с} / \text{мм}^2$	Температурний коефіцієнт лінійного збільшення, K_t , К^{-1}	Допустиме напруження, $\text{кг} \times \text{с} / \text{мм}^2$	
			при найбільшому навантаженні та низькій температурі, σ_d	при середньорічній температурі, σ_e
0.008	20 000	0.000012	31	21.6

Лінії електропередачі електричних мереж та систем є лініями високої напруги і значної довжини. Параметри цих ліній розподілені і на їхні режими впливають струми зміщення та витоку. Якщо до конденсатора прикладена змінна напруга, то виникає змінне електричне поле між обкладками конденсатора, відповідно і діелектрику виникає струм зміщення. Лінія електропередачі утворює конденсатори “Провід – земля” та “Провід – провід “. Тому струм у проводах має різні значення у різних точках лінії. Протікання струму в проводах лінії спричиняє падіння напруги в активному опорі і створює змінне магнітне поле, яке наводить у проводі лінії ЕРС самоіндукції.

Подання раціональними заступними схемами елементів електричних мереж і систем та обчислення їхніх параметрів є необхідною умовою створення розрахункових моделей, які дають змогу отримати достовірні результати режимів їхньої роботи та керування ними. У заступних схемах розрізняють поздовжні та поперечні параметри. Через поздовжні параметри протікає струм навантаження, до поперечних прикладена номінальна напруга.

Найточнішим представленням лінії є врахування одиничних параметрів розподілених по всій довжині лінії. Однак практичне для рівнів напруги до 330 кВ при довжині до 300 км, що використовуються на сьогодні, достатнім є використання П – подібної схеми заміщення з нерозділеними параметрами (рис. 2.1).

Складаємо схему заміщення лінії:

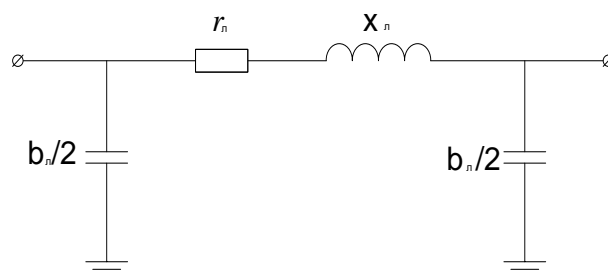


Рисунок 2.1 – П-подібна схема заміщення лінії

Активний опір представляє собою опір змінному струмові, який протікає по проводу, та визначається матеріалом струмоведучих провідників та площею їх перерізу. У розрахунках користуємось значеннями активних опорів проводів різних перерізів та марок, які отримані в результаті досліджень, та наведені у відповідних таблицях. Для практичних розрахунків приймаємо для вибраного проводу марки АС 120/19 згідно [6]:

$$r_0 = 0,249 \text{ Ом/км.}$$

$$r_0 = \frac{1}{\sigma \times F} \text{ або } r_0 = \frac{P}{F} \quad (2.4)$$

де,

F – поперечний переріз проводу, мм²;

σ – питома провідність матеріалу проводу ($\sigma = 34,6 \text{ См} \times \text{м/мм}^2$ - для алюмінію та $\sigma = 58,0 \text{ См} \times \text{м/мм}^2$ - для міді);

p – питомий опір матеріалу проводу ($p = 28,9 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{км}$ для алюмінію та електротехнічних довідниках значення питомого опору матеріалу наводять для $t^\circ = 20^\circ\text{C}$ [3]. Тоді опір про температурі t° буде:

$$r_{\text{от}} = r_{020} \times (1 + \alpha \times (t_{\text{ср}}^\circ - 20^\circ)), [\text{Ом/км}] \quad (2.5)$$

де,

r_{020} – опір зведений до розрахункової температури $t = +20^\circ\text{C}$, Ом;

$\alpha = 0,004^\circ\text{C}^{-1}$ – температурний коефіцієнт;

$t_{\text{ср}}^\circ$ – середньорічна температура довкілля, $^\circ\text{C}$.

У розрахунках користуємось значеннями активних опорів проводів різних перерізів та марок, які отримані в результаті досліджень, та наведені у відповідних таблицях. Для практичних розрахунків приймаємо для вибраного проводу марки АС – 120/19 згідно [6]:

$$r_0 = 0,249 \text{ Ом/км.}$$

Визначаємо активний опір лінії по формулі:

$$r = r_0 \times l / n, [\text{Ом}] \quad (2.6)$$

де,

r_0 – активний опір 1 км ПЛЕП, Ом/км;

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

l - довжина повітряної ЛЕП, км.

$$r = 0,249 \times 29,30/1 = 7,296 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір повітряної лінії - це індуктивний опір, зумовлений магнітним полем, що виникає навколо та всередині проводу під час протікання по ньому змінного струму. Для практичних розрахунків приймаємо для вибраного проводу марки АС 120/19 згідно [6]:

$$x_o = 0,414 \text{ Ом/км.}$$

Для лінії електропередачі довжиною l, км значення індуктивного опору лінії обчислюється по формулі:

$$x = x_o \times l/n \text{ [Ом]} \quad (2.7)$$

де,

x_o – реактивний опір (повдовжнє значення опору) 1 км ПЛЕП, Ом/км.

$$X = 0,414 \times 29,30 / 1 = 12,130 \text{ Ом}$$

Активна провідність зумовлена втратами активної потужності в діелектриках. Для ПЛ це пов'язано з коронуванням проводу і неабсолютністю діелектрика.

Корона – це іонізація повітря навколо проводу, якщо напруженість електричного поля біля його поверхні вища від електричної міцності повітря. Крім втрат активної потужності, корона спричиняє корозію проводів, завади радіозв'язку. Втрати на корону залежать від кліматичних умов.

Погонну активну провідність ПЛ визначають за формулою:

$$g_o = \frac{\Delta P_{\text{кор}}}{U_{\text{ном}}^2}, \text{ [См/км]} \quad (2.8)$$

де,

$\Delta P_{\text{кор}}$ – погонні втрати активної потужності на корону [МВт/км], які беруть з довідникових даних або визначають.

Для ліній електропередачі втратами на корону при напрузі 110 кВ та нижче можна нехтувати, тоді розрахунок активної провідності повітряної ЛЕП не виконуємо.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Реактивна (ємнісна) провідність в ЛЕП зумовлена дією електростатичного поля в діелектрику, що оточує струмопровідні елементи лінії.

Реактивна ємнісна провідність лінії зумовлена наявністю часткових ємностей проводу як щодо іншого проводу, так і щодо землі. Робоча ємність проводу складається із часткових ємностей і є відношенням кількості електрики, яка відповідає усім силовим лініям, що виходять з цього проводу до інших проводів і до землі, до потенціалу цього проводу, чи відношенням заряду цього проводу до його потенціалу.

Значення робочої ємності кожного проводу залежить від розмірів проводів, їхнього взаємного розташування у просторі, відстань між ними, а також від діелектричної проникності довкілля.

Погонну (робочу) ємність проводу транспонованої повітряної лінії визначають за формулою:

$$C_0 = 0,02415 \times 10^{-6} / \lg(D_{cp}/r_{np}), \text{ Ф/км} \quad (2.9)$$

Для ліній електропередачі втратами при напрузі 35 кВ можна нехтувати, тоді розрахунок реактивної провідності повітряної ЛЕП не виконуємо.

Визначаємо повну потужність лінії:

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА} \quad (2.10)$$

$$S = 5383,50 / 0,888 = 6062,5 \text{ кВА.}$$

Визначаємо реактивну потужність лінії:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \text{ кВАр} \quad (2.11)$$

$$Q = \sqrt{6062,5^2 - 5383,50^2} = 2787,801 \text{ кВАр.}$$

Визначаємо втрати потужності по формулі:

Активної:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \times r, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

$$\Delta P = \frac{5383,50^2 + 2787,801^2}{35^2} \times 7,296 = 218,902 \text{ кВт.}$$

Реактивної:

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \times x, \text{ кВАр} \quad (2.13)$$

$$\Delta Q = \frac{5383,50^2 + 2787,801^2}{35^2} \times 12,130 = 363,936, \text{ кВАр.}$$

Визначаємо величину активної електричної енергії, переданої за рік по лінії:

$$W = P \times T, \text{ кВт} \times \text{год} \quad (2.14)$$

де, T – тривалість роботи лінії протягом року, годин.

$$W = 5383,50 \times 8760 = 47159460 \text{ кВт} \times \text{год.}$$

Визначаємо кількість годин роботи лінії за рік (тривалість максимальних втрат) за допомогою емпіричної формули через час максимальних втрат.

Кількість годин використання максимального навантаження на ПЛ – 35 кВ складає 5440 год.

Час максимальних втрат можна визначити за формулою:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10^4})^2 \times 8760, \text{ год} \quad (2.15)$$

$$\tau = (0,124 + \frac{5440}{10^4})^2 \times 8760 = 3908,922 \text{ год.}$$

Визначаємо втрати електричної енергії:

$$\Delta W = r \times S^2 \times \tau / U^2 = \Delta P \times \tau, \text{ кВт} \times \text{год} \quad (2.16)$$

$$\Delta W = 218,902 \times 3908,922 = 855670,844 \text{ кВт} \times \text{год.}$$

Визначаємо втрати електричної енергії в відсотках:

$$W\% = (\Delta W / W) \times 100\%, \% \quad (2.17)$$

$$W\% = [855670,844 / 47159460] \times 100\% = 1,814\%,$$

що задовільняє вимогам.

2.2 Визначення одиночних навантажень на провід і трос

Механічний розрахунок проводів ПЛ необхідний для визначення їхнього натягу в проводах і стріли прогину залежно від атмосферних та інших умов

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи лінії. Ці величини використовуються під час проектування опор лінії, вибору відстані між проводами, визначення висоти опори тощо.

Визначивши найнесприятливіші умови за яких у проводі виникає найбільше напруження, це напруження прирівнюється до допустимого значення для матеріалу проводу і після цього розраховується натяг в ньому і стріла прогину для інших атмосферних умов.

Одночасно обчислюється максимальна стріла прогину, яка впливає на висоту опор, та натяг у проводах, потрібний для проектування механічної частини лінії. На проводи та троси, які підвішені на опорах ліній електропередачі, діють навантаження їхньої власної ваги, тиск повітря на провід чи трьох і вага ожеледі, що утворилася на них. Надалі будемо говорити тільки про проводи, оскільки сказане про них стосується тросів.

Ці навантаження в різних комбінаціях залежно від атмосферних умов зумовлюють різний натяг у проводах. Навантаження на проводи є рівномірно розподіленими вздовж їхньої довжини, але в практичних розрахунках для спрощення їх приймають рівномірно розподіленими вздовж всієї їхньої довжини, оскільки похибка від цього не велика.

Також, хоч насправді навантаження на проводи вздовж довжини прольоту на 1 м довжини проводу називається одиночними навантаженнями та в технічній літературі позначаються буквою – p та вимірюються в $\text{кг}\times\text{с}/\text{м}$.

Розраховуючи проводи лінії на механічну міцність, зручно користуватися питомими (приведеними) навантаженнями, зведеними до довжини 1 м і поперечного перерізу 1 мм^2 :

$$\gamma = p_i/F, \text{ кг}\times\text{с}/(\text{м}\times\text{мм}^2), \quad (2.18)$$

де,

P_i – відповідне одиночне навантаження проводу або тросу, $\text{кг}\times\text{с}/\text{м}$;

F – поперечний переріз проводу або тросу, мм^2 .

Знайдемо механічні одиночні та питомі навантаження сталю-алюмінієвого проводу марки АС – 120/19 для ПЛ напругою 35 кВ.

1. Одиночне навантаження від власної ваги:

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_1 = m \times 10^{-3}, \text{ кг}\times\text{с}/\text{м} \quad (2.19)$$

де,

m – маса 1 км проводу, кг.

$$P_1 = 471 \times 10^{-3} = 0,471 \text{ кг}\times\text{с}/\text{м};$$

$$\gamma_1 = 0,00346 \text{ кг}\times\text{с}/(\text{м}\times\text{мм}^2).$$

2. Одиночне навантаження від ваги ожеледі:

$$P_2 = g \times \pi \times c \times (d+c), \text{ кг}\times\text{с}/\text{м}, \quad (2.20)$$

де,

g – густина льоду (снігу), $g = 0,9 \times 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$;

c – товщина стінки ожеледі в залежності від кліматичних умов на проводі, мм;

d – діаметр проводу, мм;

$$P_2 = 0,9 \times 10^{-3} \times 3,14 \times 10 \times (15,2+10) = 0,712 \text{ кг}\times\text{с}/\text{м};$$

$$\gamma_2 = 0,712/136,8 = 0,00520 \text{ кг}\times\text{с}/(\text{м}\times\text{мм}^2).$$

3. Навантаження від ваги проводу з ожеледдю:

$$P_3 = p_1 + p_2, \text{ кг}\times\text{с}/\text{м} \quad (2.21)$$

$$P_3 = 0,471 + 0,712 = 1,183 \text{ кг}\times\text{с}/\text{м};$$

$$\gamma_3 = 1,183/136,8 = 0,00865 \text{ кг}\times\text{с}/(\text{м}\times\text{мм}^2).$$

4. Одиночне навантаження від вітру на провід без ожеледі:

$$P_4 = \alpha \times C_x \times q \times d \times 10^{-3}, \text{ кг}\times\text{с}/\text{м} \quad (2.22)$$

де,

α - коефіцієнт нерівномірності повітряному потоку при швидкісному напорі

$q = 50 \text{ кг}\times\text{с}/\text{м}^2$; знаходиться методом лінійної інтерполяції; приймається -

$\alpha = 0,783$;

q - швидкісний напір, $\text{кг}\times\text{с}/\text{м}^2$;

C_x - коефіцієнт лобового опору (аеродинамічний коефіцієнт);

$C_x=1,1$ - при $d > 20$ мм;

$C_x=1,2$ - при $d < 20$ мм, а також для проводу любого діаметра при наявності

ожеледі.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_4 = 0,783 \times 1,2 \times 50 \times 15,2 \times 10^{-3} = 0,714 \text{ кг} \times \text{с} / \text{м}$$

$$\gamma_4 = 0,714 / 136,8 = 0,00522 \text{ кг} \times \text{с} / (\text{м} \times \text{мм}^2)$$

5. Одиночне навантаження від вітру на провід з ожеледдю:

$$p_5 = 0,25 \times \alpha \times C_x \times q \times (d + 2 \times c) \times 10^{-3} \text{ кг} \times \text{с} / \text{м} \quad (2.23)$$

$$p_5 = 0,25 \times 0,783 \times 1,2 \times 50 \times (15,2 + 2 \times 10) \times 10^{-3} = 0,413 \text{ кг} \times \text{с} / \text{м}$$

$$\gamma_5 = 0,413 / 136,8 = 0,00302 \text{ кг} \times \text{с} / (\text{м} \times \text{мм}^2)$$

6. Сумарне навантаження від вітру та ваги проводу без ожеледі:

$$p_6 = \sqrt{p_1^2 + p_4^2} \text{ кг} \times \text{с} / \text{м} \quad (2.24)$$

$$P_6 = \sqrt{0,471^2 + 0,714^2} = 0,855 \text{ кг} \times \text{с} / \text{м}$$

$$\gamma_6 = 0,855 / 136,8 = 0,00652 \text{ кг} \times \text{с} / (\text{м} \times \text{мм}^2)$$

7. Сумарне навантаження від вітру та ваги проводу з ожеледдю.

$$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2} \text{ кг} \times \text{с} / \text{м} \quad (2.25)$$

$$P_7 = \sqrt{1,183^2 + 0,413^2} = 1,253 \text{ кг} \times \text{с} / \text{м}$$

$$\gamma_7 = 1,253 / 136,8 = 0,00916 \text{ кг} \times \text{с} / (\text{м} \times \text{мм}^2)$$

Результуючі навантаження від ваги проводу АС 120/19 без ожеледі та з ожеледдю діючого вертикального та горизонтального під дією вітрового тиску показано на рис. 2.2.

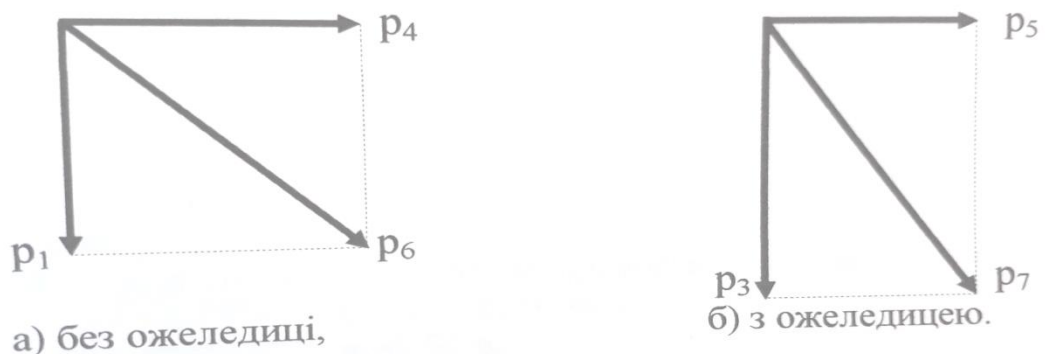


Рисунок 2.2 - Результуючі навантаження від ваги проводу АС 120/19 без ожеледі та з ожеледдю діючого вертикального та горизонтального під дією вітрового тиску

Визначаємо одиночні навантаження для тросу С - 35.

1. Одиночне навантаження від власної ваги:

$$p_1 = 272 \times 10^{-3} = 0,272 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_1 = 0,008 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

2. Одиночне навантаження від ваги ожеледі:

$$p_2 = 0,9 \times 10^{-3} \times 3,14 \times 10 \times (7,8 + 10) = 0,503 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_2 = 0,503 / 34,4 = 0,01462 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

3. Навантаження від ваги проводу з ожеледдю:

$$p_3 = 0,272 + 0,503 = 0,775 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_3 = 0,775 / 34,4 = 0,02253 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

4. Одиночне навантаження від дії вітру на провід без ожеледі:

$$p_4 = 0,783 \times 1,2 \times 50 \times 7,8 \times 10^{-3} = 0,366 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_4 = 0,366 / 34,4 = 0,01064 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

5. Одиночне навантаження від дії вітру при наявності ожеледі:

$$p_5 = 0,25 \times 0,783 \times 1,2 \times 50 \times (7,8 + 2 \times 10) \times 10^{-3} = 0,327 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_5 = 0,327 / 34,4 = 0,00951 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

6. Сумарне навантаження від вітру та ваги проводу без ожеледі:

$$p_6 = \sqrt{0,272^2 + 0,366^2} = 0,456 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_6 = 0,456 / 34,4 = 0,01326 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2)$$

7. Сумарне навантаження від вітру та ваги проводу при наявності ожеледі:

$$p_7 = \sqrt{0,775^2 + 0,327^2} = 0,841 \text{ кг} \times \text{с/м}$$

$$\gamma_7 = 0,841 / 34,4 = 0,02445 \text{ кг} \times \text{с}/(\text{м} \times \text{мм}^2).$$

2.3 Розрахунок і комплектація гірлянд ізоляторів

Фарфорові ізолятори характеризуються високою стійкістю до атмосферних впливів, перепадів температур, хімічно активних речовин, механічною та електричною стійкістю. Вони негігроскопічні та добре відчиняються від бруду та пилуки. Механічна стійкість скляних ізоляторів

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

вища, а розміри та маса менші, ніж у фарфорових. Крім того, термін їх служби значно довший, після електричного пробою скляні ізолятори розсипаються, що значно полегшує контроль за ними. Скляні ізолятори набагато дешевші, ніж фарфорові. В даний час на ПЛ високих напруг встановлюють лише скляні ізолятори.

Вибір типів ізоляторів виконується при проектуванні на основі вимог ПУЕ, визначаючих необхідну механічну та електричну міцність ізоляторів. Для ПЛ 35 кВ з проводом марки АС-120/19 рекомендується використовувати підвісні ізолятори із яких комплектують підвісні та натяжні гірлянди.

Підвісні гірлянди сприймають навантаження від ваги проводу і від власної ваги. Вибір типу ізоляторів для підтримуючої гірлянди виконується для двох режимів:

- режим максимального навантаження:

$$2,7 * (p_7 * l_{\text{ваг}} + G_r) \leq P, \text{ кг} \times \text{с} \quad (2.26)$$

- режим при відсутності вітру та ожеледі:

$$5 * (p_1 * l_{\text{ваг}} + G_r) \leq P, \text{ кг} \times \text{с} \quad (2.27)$$

де $l_{\text{ваг}}$ - ваговий прогін, м;

G_r - вага гірлянди, приймається орієнтовно, $\text{кг} \times \text{с}$;

P - електромеханічне руйнівне навантаження ізолятора, $\text{кг} \times \text{с}$;

Розраховуємо підвісну гірлянду ізоляторів:

$$2,7 * (1,253 * 395 + 20) = 1390,325 \text{ кг} \times \text{с} < P = 6000 \text{ кг} \times \text{с}$$

$$5 * (0,471 * 395 + 20) = 1030,255 \text{ кг} \times \text{с} < P = 6000 \text{ кг} \times \text{с}$$

Для підтримуючої гірлянди ізоляторів вибираємо ізолятор типу ПС 6 - А і арматуру з гарантованою міцністю 6000 $\text{кг} \times \text{с}$. Кількість ізоляторів в гірлянді приймаємо 3 шт, табл. 8.65, стор. 466 [6].

Вибір типу ізоляторів для натяжних гірлянд, сприймаючих навантаження від натягу проводу і власної ваги гірлянди проводиться по формулі:

- для режиму максимального навантаження:

$$2,7 \sqrt{(\sigma_g \times F)^2 + \left(\frac{p_7 \times l_{\text{ваг}}}{2} + G_r \right)^2} \leq P \quad (2.28)$$

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- для режиму при відсутності ожеледі та вітру:

$$5,0 \sqrt{(\sigma_e \times F)^2 + \left(\frac{p_1 \times l_{\text{ваз}}}{2} + G_r\right)^2} \leq P \quad (2.29)$$

де, δ_r , δ_e – напруження в проводі, кг×с.

Для проводу АС120/19 по табл. 1.6 стор. 45 [1]:

$$\delta_g = 1,3 \text{ кг} \times \text{с};$$

$$\delta_e = 8,7 \text{ кг} \times \text{с},$$

F – поперечний переріз проводу, мм².

- для режиму максимального навантаження:

$$2,7 * \sqrt{(13,0 * 136,8)^2 + (1,253 * 395 / 2 + 20)^2} = 4855,682 \text{ кг} \times \text{с} \leq 6000 \text{ кг} \times \text{с}$$

- для режиму при відсутності ожеледі та вітру:

$$5,0 * \sqrt{(8,7 * 136,8)^2 + (0,471 * 395 / 2 + 20)^2} = 5977,572 \text{ кг} \times \text{с} \leq 6000 \text{ кг} \times \text{с}.$$

Для натяжної гірлянди ізоляторів вибираємо ізолятор типу ПС6 - А і арматуру з гарантованою міцністю 6000 кг×с. Кількість ізоляторів в гірлянді приймаємо 4 шт.

2.4 Визначення навантажень на опорі

Для визначення навантажень на опорі, складаємо розрахункові схеми навантажень для проміжних опор в:

- нормальному режимі;
- аварійному режимі.

Позначення на схемі:

- G_r , G_n , G_r - вага троса, проводу та гірлянди,
- Q_r , Q_n - вітрові навантаження на трос та провід,
- T_n – тяжіння проводу.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

Розрахункова схема навантажень для опор в нормальному режимі роботи ПЛІ показана на рис. 2.3

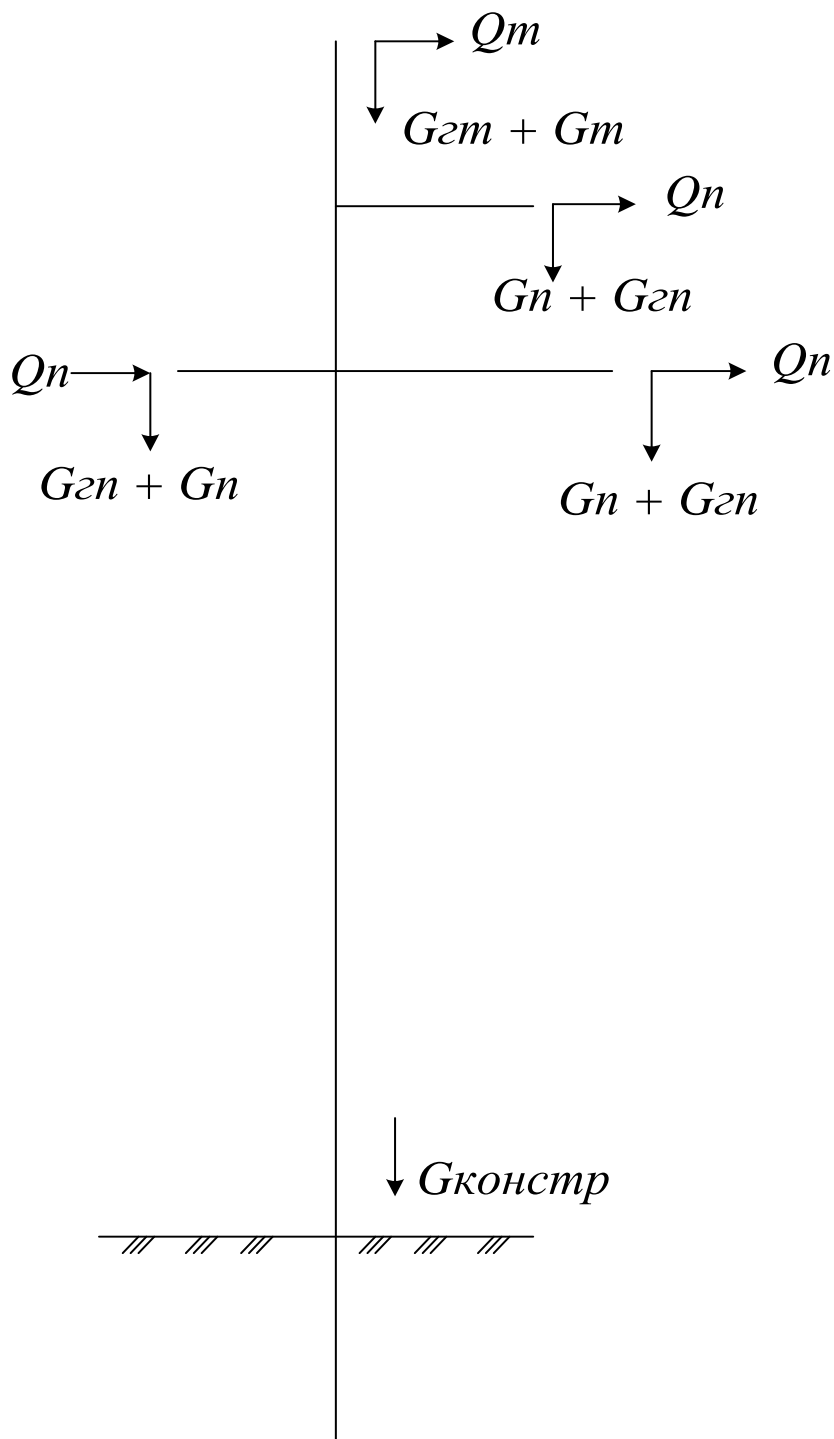


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема навантажень для опор в нормальному режимі роботи ПЛІ

Розрахункова схема навантажень для опор в аварійному режимі роботи ПЛІ показана на рис. 2.4.

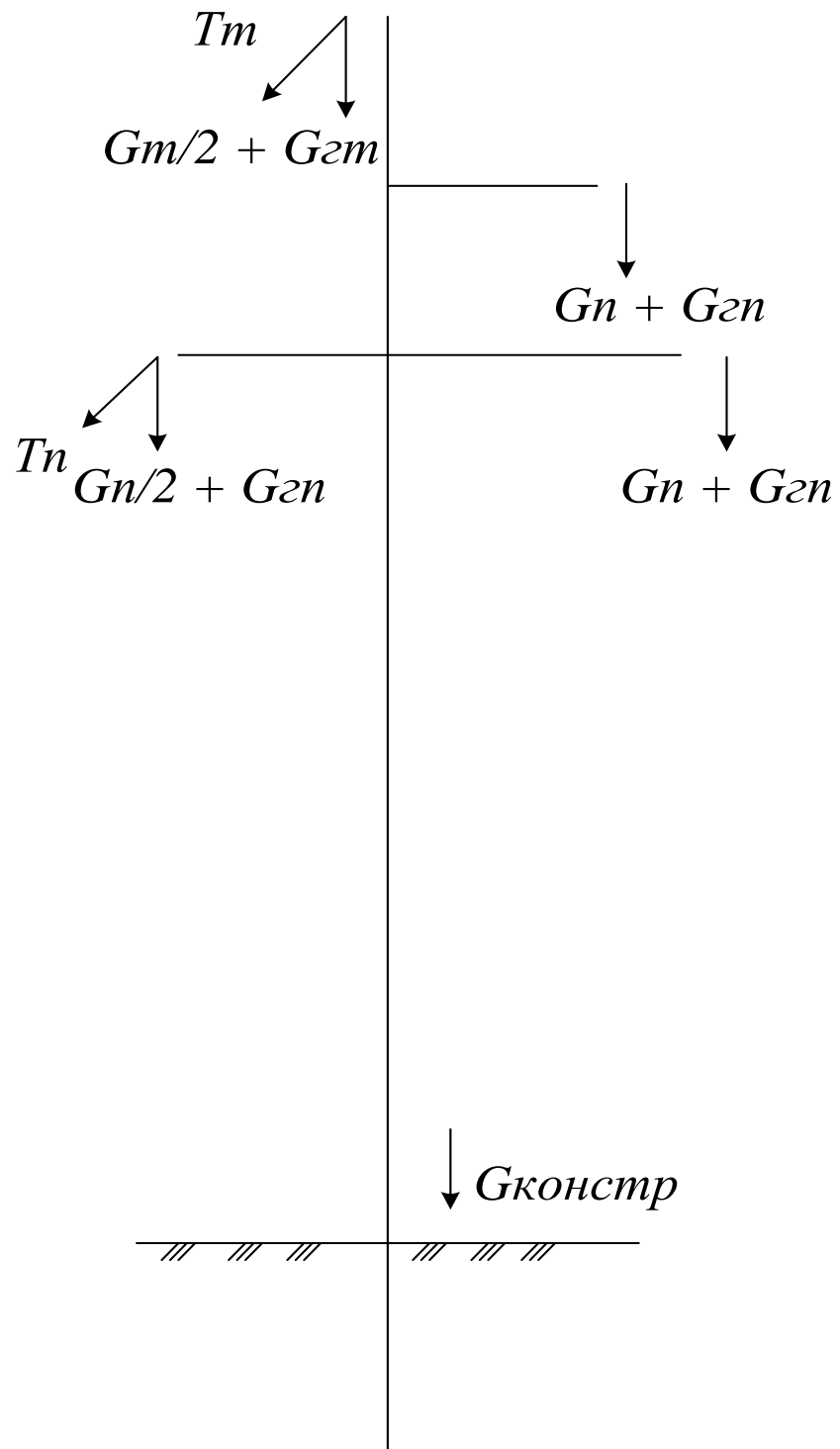


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема навантажень для опор в аварійному режимі роботи ПЛІ

Розрахунок навантажень для проводу АС – 120/19:

1) Навантаження на опору від ваги проводу без ожеледі:

$$\begin{aligned}G_n &= p_1 \times l_{\text{ваг}} \times n \\G_n &= 0,471 \times 395 \times 1,1 = 204,650 \text{кС} \times c\end{aligned}\quad (2.30)$$

2) Навантаження на опору від ваги проводу з ожеледдю:

$$\begin{aligned}G_{no} &= p_3 \times l_{\text{ваг}} \times n \\G_{no} &= 1,183 \times 395 \times 2 = 934,57 \text{кС} \times c\end{aligned}\quad (2.31)$$

3) Навантаження на опору від ваги ожеледі без проводу:

$$\begin{aligned}G_{on} &= G_{no} - G_n \\G_{on} &= 934,57 - 204,650 = 729,92 \text{кС} \times c\end{aligned}\quad (2.32)$$

4) Навантаження горизонтальне від тиску вітру на провід без ожеледі:

$$\begin{aligned}Q_n &= p_4 \times l_{\text{віт}} \times n \\Q_n &= 0,714 \times 420 \times 1,2 = 395,856 \text{кС} \times c\end{aligned}\quad (2.33)$$

5) Навантаження горизонтальне від тиску вітру на провід з ожеледдю:

$$\begin{aligned}Q_{no} &= p_5 \times l_{\text{віт}} \times n \\Q_{no} &= 0,413 \times 420 \times 1,4 = 242,844 \text{кС} \times c\end{aligned}\quad (2.34)$$

6) Вертикальне навантаження від обірваного проводу:

$$\begin{aligned}T_n &= k \times F_n \times \sigma_\delta \\T_n &= 0,3 \times 136,8 \times 13 = 533,52 \text{кГ} \times c\end{aligned}\quad (2.35)$$

Розрахунок навантажень для троса С – 35:

1. Навантаження на опору від ваги троса без ожеледі:

$$G_T = 0,272 \times 395 \times 1,1 = 118,184 \text{кГ} \times c$$

2. Навантаження на опору від ваги троса з ожеледдю:

$$G_{TO} = 0,755 \times 395 \times 2 = 612,25 \text{кГ} \times c$$

3. Навантаження на опору від ваги ожеледі без троса:

$$G_{OT} = 612,29 - 118,184 = 494,106 \text{кГ} \times c$$

4. Навантаження горизонтальне від тиску вітру на трос без ожеледі:

$$Q_T = 0,366 \times 420 \times 1,2 = 184,464 \text{кГ} \times c$$

5. Навантаження горизонтальне від тиску вітру на трос з ожеледдю:

$$Q_{TO} = 0,327 \times 420 \times 1,4 = 192,276 \text{кГ} \times c$$

6. Вертикальне навантаження від обірваного тросу:

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_T = 0,3 \times 34,4 \times 31 = 319,92 \text{ кг} \times \text{с}.$$

Розрахункові навантаження на опору від проводів і тросу заносимо в табл.

2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункові навантаження на опору від проводів і тросу

Назва навантаження	Позначення	Нормальний режим, вітер без ожеледі, кг×с	Нормальний режим, вітер з ожеледдю, кг×с	Аварійний режим, обрив одного проводу, ожеледі і вітру нема, кг×с
Вага проводу	$G_{\text{п}}$	204.650	-	102.325
Вага тросу	$G_{\text{т}}$	118.184	-	59.092
Вага проводу з ожеледдю	$G_{\text{пг}}$	-	934.57	-
Вага тросу з ожеледдю	$G_{\text{тг}}$	-	612.25	-
Вага гірлянди ізоляторів для проводу	$G_{\text{гп}}$	15.13/20.18	15.13/20.18	15.13/20.18
Вага гірлянди ізоляторів для тросу	$G_{\text{гт}}$	3.682/7.306	3.682/7.306	3.682/7.306
Тиск вітру на провід	$Q_{\text{п}}$	395.856	242.844	-
Тиск вітру на трос	$Q_{\text{т}}$	184.464	192.276	-
Тяжіння при обриві проводу	$T_{\text{п}}$	-	-	533.52
Тяжіння при обриві тросу	$T_{\text{т}}$	-	-	319.92

2.5 Вибір конструкції повітряної лінії

Під час проведення уніфікації опор було скорочено кількість їх типів та типорозмірів деталей, знайдено раціональні та економічні конструкції для відповідних кліматичних та географічних районів, напруг та видів проводів. Більшість конструкцій опор всіх класів напруг випускається за типовими проектами.

По способу з'єднання елементів сталеві опори підрозділяють на зварні та болтові.

На основі попередніх розрахунків і вихідних даних для ПЛ 35 кВ згідно з [2] табл. 8.14, с. 391, вибираємо проміжну залізобетонну опору типу ПБ 35 – 1, (рис. 2.5) технічні дані якої заносимо в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні дані проміжної залізобетонної опори типу ПБ 35 – 1

Тип опори	розрахункові умови		розрахункові прольоти, м			витрати матеріалів бетону, м ³ сталі, кг
	провід трос	район по ожеледі	габаритний	вітровий	ваговий	
Проміжна, одноколова, вільностояча ПБ 35 – 1	АС - 120/19 С – 35	II	215	420	395	<u>1,67</u> 122

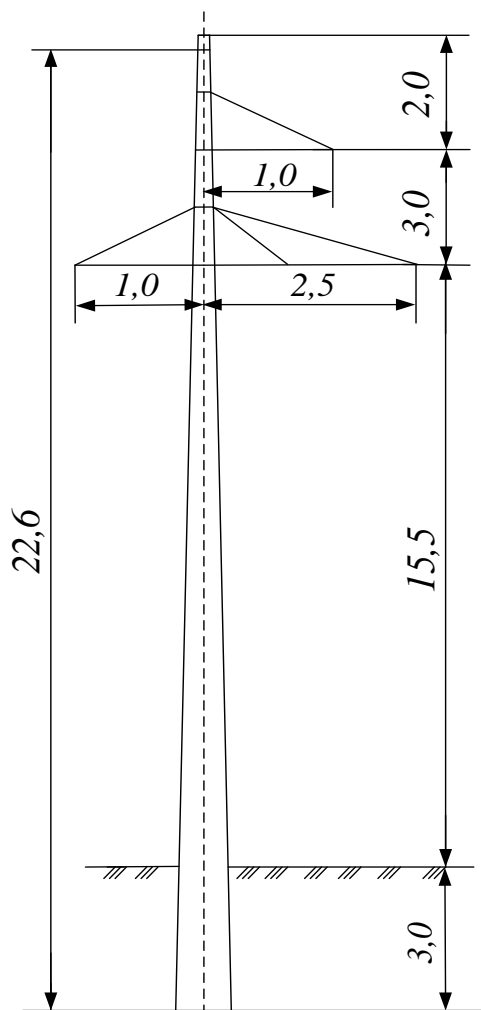


Рисунок 2.5 - Проміжна залізобетонна опора типу ПБ 35 – 1

Для ПЛ 35 кВ згідно з [2] табл. 8.21, с. 407 вибираємо металічну анкерно-кутову опору типу У 35 – 1 у якості перехідних, (рис. 2.6).

Таблиця 2.7 – Технічні дані

Тип опори	розрахункові умови		Кут повороту	Кількість болтів, шт	витрати матеріалів сталі, т
	провід трос	район по ожеледі			
Анкерно-кутова, одноколова, вільностояча У 35 – 1	АС - 120/19 С – 35	II	0 – 60°	652	<u>2960</u> 3080

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ

Лист

35

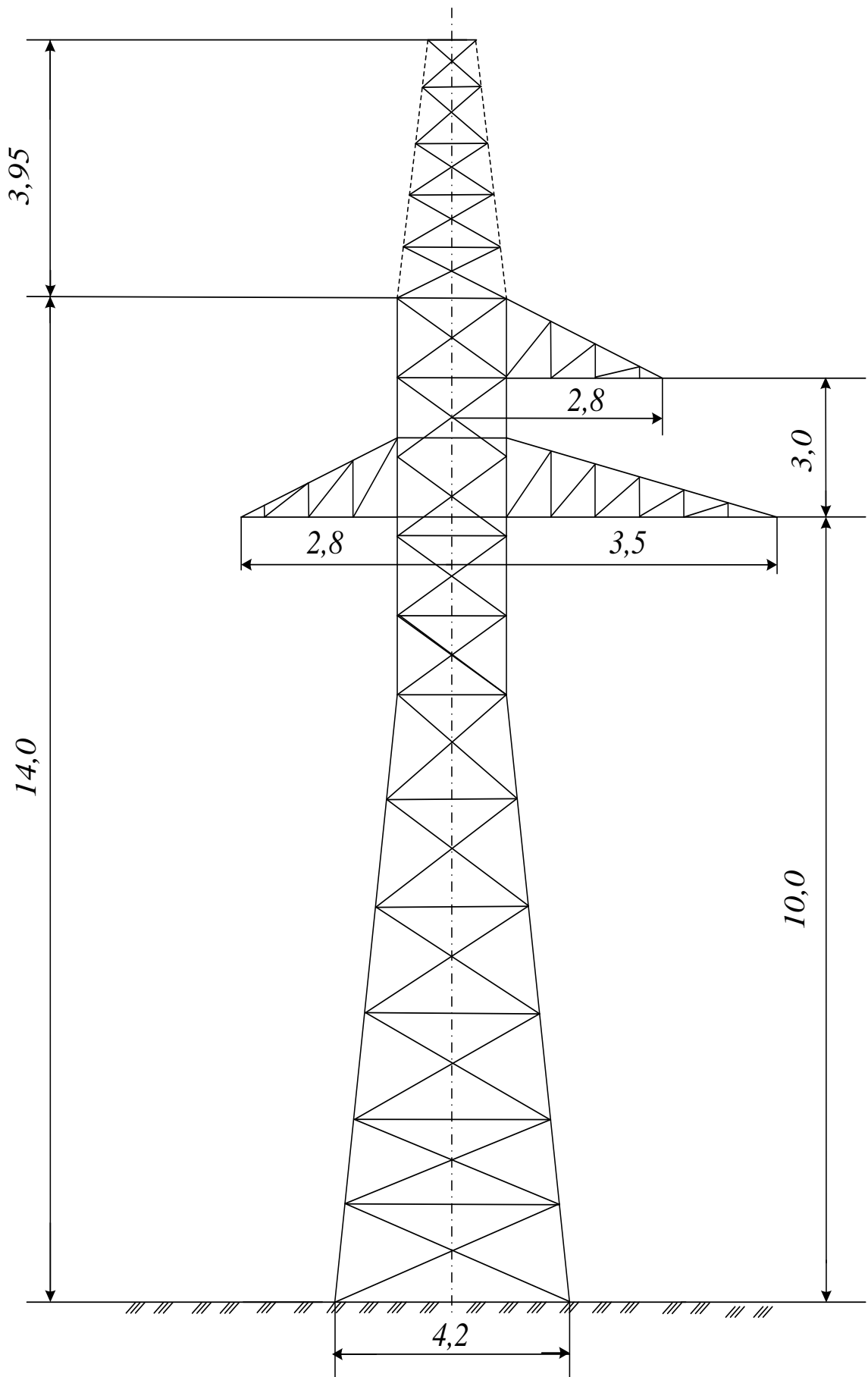


Рисунок 2.6 - Металічна анкерно-кутова опора типу У 35 – 1

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-052.00.00.000 ПЗ

Лист

36

Таблиця 2.8

Шифр	Кількість штук	Кількість болтів		Маса опор, т	
		на 1 опору	взагалі	одної опори	загальна
У 35 – 1	32	652	20864	3,08	98,56
Всього			20864	-	99,55
Монтажний запас					0,99

Для проектної ПЛ 35 кВ вибираємо фундаменти під анкерно-кутові опори У 35 – 1 і записуємо технічні дані в табл. 2.9.

$$U = \frac{\Sigma M^p}{2 \times b \times \cos \varphi} + \frac{\Sigma G^p}{4 \times \cos^2 \varphi}, \text{ кг} \times \text{с} \quad (2.36)$$

$$\Sigma M^2 = \Sigma Q_n \times h_i + \Sigma Q_T \times h_i + \Sigma Q_{тр} \times h_i + \Sigma Q_{сек} \times h_i + 2 \times (G_n + G_{гip}) \times l_B \quad (2.37)$$

$$\Sigma M^2 = 395,856 \times (10 + 10 + 13) + 184,464 \times 17,95 + 51,7 \times 10,5 + 138,5 \times 10,5 + 54,4 \times 13,5 + 650 \times 4,5 + 732 \times 11,5 + 490 \times 15,978 + 2 \times (204,650 + 20,18) \times 6,3 = 41110,955$$

$$\Sigma G^p = n \times (G_n + G_{гip}) + n \times (G_T + G_{гT}) + G_{констр} \quad (2.38)$$

$$\Sigma G^p = 3 \times (204,650 + 20,18) + 1 \times (118,184 + 7,306) + 3080 = 3879,98$$

$$\text{tg} \varphi = \frac{(a_a - a_b)}{2 \times h} = \frac{4,2 - 0,5}{2 \times 17,95} = 0,103$$

$$\varphi = \text{arc tg } 0,103 = 5,88^\circ$$

$$\cos \varphi = \cos 5,88 = 0,9947$$

$$U = \frac{41110,955}{2 \times 4,2 \times 0,9947} + \frac{3879,98}{4 \times 0,9947^2} = 5900,598 \text{ кг} \times \text{с}$$

З цього вибираємо фундамент Ф 1 – 2 (рис. 2.7).

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 2.9 – Технічні дані

Марка	Розміри фундаменту, мм		Витрати матеріалів		Маса, кг
	a	h	Бетону, м ³	Сталі, кг	
Ф 1 – 2	1200	2700	0,59	90	1500

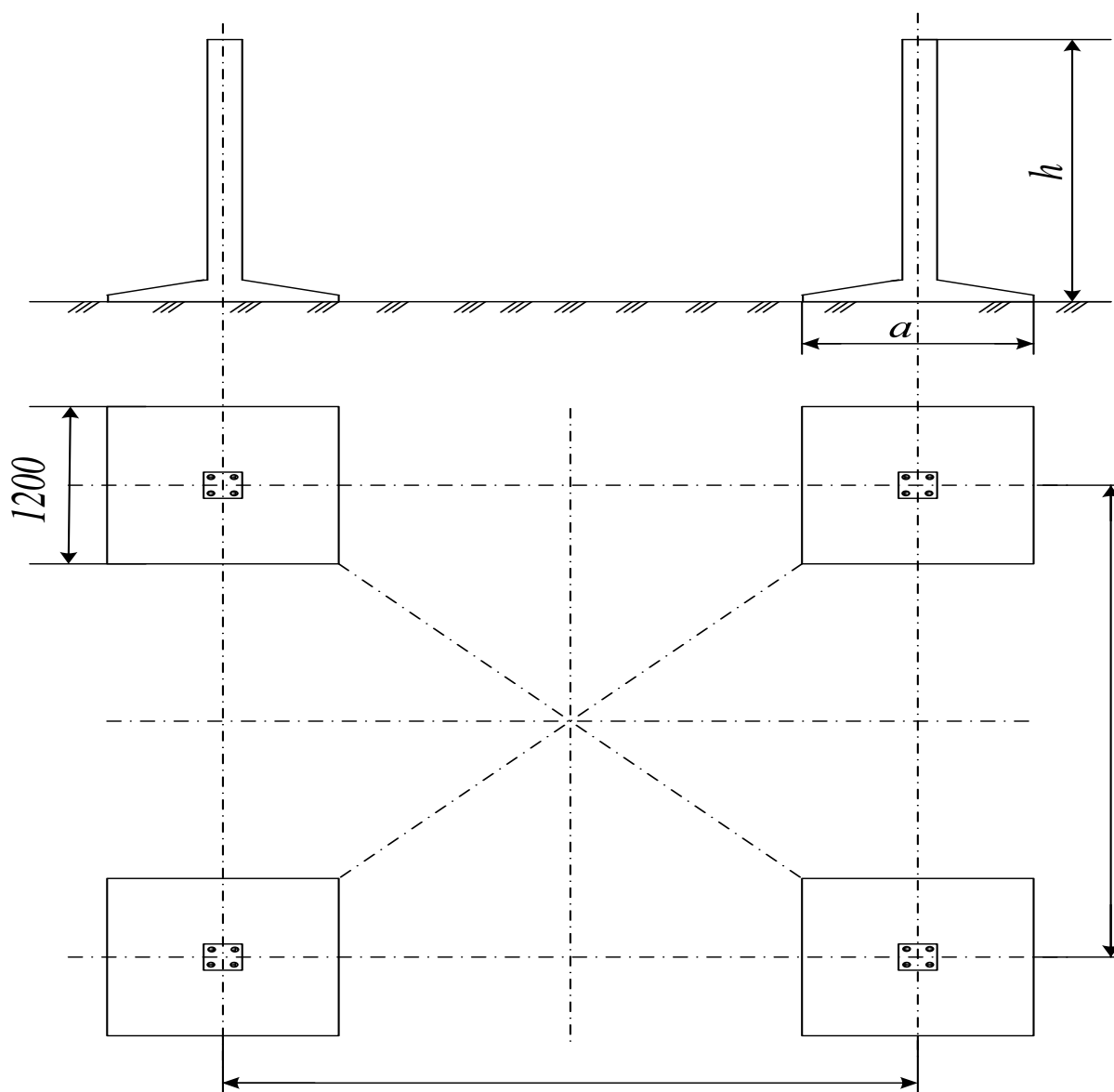


Рисунок 2-7 - Фундамент Ф 1 – 2

Для монтажу проводів і тросів а також для забезпечення їх нормальної роботи в процесі експлуатації використовуємо наступну лінійну арматуру:

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

- а) з'єднувач для проводу та троса;
- б) гасники вібрації для проводу;
- в) гасники вібрації для троса.

Специфікацію вибраних типів лінійної арматури для проводу і троса приведено у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 - Специфікація вибраних типів лінійної арматури для проводу і троса

Марка	Назва	Міцність зачинки проводу, кН	Марка матриці для пресування	Маса, кг
СОАС–120–2	З'єднувач овальний	44,52	МИ - 290А	0,76
СОС - 35 - 1А	З'єднувач для тросу	18,10	МИ - 290А	0,08

Таблиця 2.11

Тип	Назва	Діаметр грузу	Довжина грузу	Маса
ГВН – 3 – 17	Гасник для проводу	58	130	4,04
ГВН – 2 – 9	Гасник для тросу	46	103	2,24

Згідно завдання для ПЛ, що проектується, використовуємо голий сталевалюмінієвий провід марки АС-120/19, технічну характеристику якого приведено у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Технічна характеристика

Розрахунковий переріз, мм ²	Розрахунковий діаметр, мм	Маса 1 км проводу, кг	Довжина проводу на барабані, м	Маса проводу на барабані, кг	Маса барабану з проводом, кг
136,8	15,2	471	2000	942	1352

Проектом передбачено використання у якості грозозахисного троса сталюого троса марки С – 35, технічна характеристика якого приведена у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічна характеристика

Розрахунковий переріз, мм ²	Розрахунковий діаметр, мм	Маса 1 км троса, кг	Довжина троса на барабані, м	Маса троса на барабані, кг	Маса барабан з тросом, кг
С – 35	7,8	272	1500	408	508

Вибираємо тип ригеля АР-5 для закріплення З/Б опор в заболоченій місцевості:

Таблиця 2.14

Марка ригеля	Розміри ригеля, мм				Розхід матеріалів		Маса, кг
	а	в	с	d	Бетону, м ³	Сталі, кг	
АР – 5	3000	400	620	200	0,20	62	500

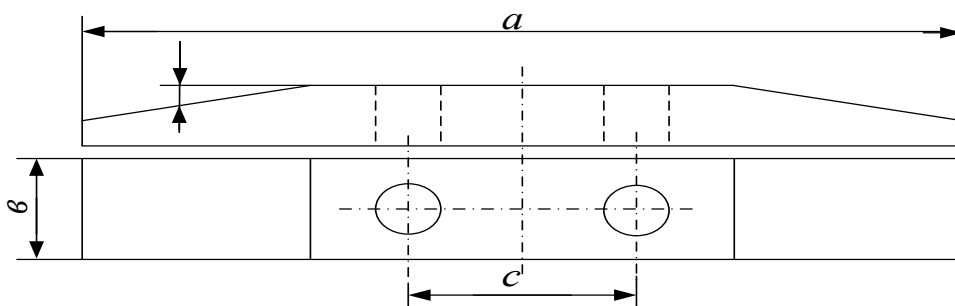


Рисунок 2.8

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення тривалості будівництва повітряної лінії

Тривалість будівництва ПЛ визначається у відповідності з будівельними нормами і правилами згідно БніП 1.04.03-85. Ці норми розповсюджуються на ПЛ напругою 35-750 кВ.

Тривалість будівництва ПЛ 110 кВ визначається за формулою:

$$T_{\text{леп}} = T_{\text{норм}} \times K_T \times K_6 \times K_L \times K_G \times K_{\text{забуд}} \times K_{\text{вн}}, \quad (3.1)$$

де $T_{\text{норм}}$ - нормативна тривалість будівництва ПЛ в місяцях відповідної лінії довжиною L ;

K_T - територіальний коефіцієнт;

K_6 - коефіцієнт, що враховує заболоченість траси;

K_L - коефіцієнт, що враховує лісистість траси;

K_G - коефіцієнт, що враховує гористість траси;

$K_{\text{забуд}}$ - коефіцієнт, що враховує наявність забудованих територій на шляху проходження траси;

$K_{\text{вн}}$ - коефіцієнт, що враховує наявність діючих об'єктів під високою напругою на шляху проходження траси.

Визначаємо тривалість будівництва ПЛ з урахуванням місцевих умов проходження траси, а саме: довжини заболоченої ділянки траси, довжини ділянки з лісовими насадженнями, наявності гірських ділянок, забудов, об'єктів під високою і т.п.

$$K_T = 1,0$$

$$K_6 = 1,0 + 0,7 \times (1_6 / L) \quad (3.2)$$

$$K_6 = 1,0 + 0,7 \times (2,40 / 29,30) = 1,057$$

$$K_L = 1,0 + 0,5 \times (1_L / L) \quad (3.3)$$

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Белякова І.В.					41	22
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

$$K_{\text{д}} = 1,0 + 0,5 \times (4,25 / 29,30) = 1,073$$

$$T_{\text{деп}} = 3,465 \times 1,0 \times 1,057 \times 1,073 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 3,930 \text{ місяця.}$$

Приймаємо тривалість будівництва ПЛ 3,75 місяця.

3.2 Визначення матеріальних ресурсів для будівництва повітряної лінії

Визначення кількості опор

Визначаємо загальну кількість опор для ПЛ.

$$N = L \times 10^3 / (0,9 \times l_{\text{габ}}) + 1, \text{ штук.} \quad (3.4)$$

де $l_{\text{габ}}$ – габаритний прольот, м

$$N = 29,30 \times 10^3 / (0,9 \times 215) + 1 = 152,42 \text{ шт, приймаємо } N = 152 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну кількість анкерних опор А по трасі ПЛ.

а) кінцевих опор $A_{\text{к}} = 2$ шт.

б) анкерно-кутових $A_{\text{ак}} = 8$ шт

в) анкерних перехідних опор $A_{\text{п}} = 12$ шт

г) анкерних опор $A_{\text{а}} = 10$ шт.

$$A = A_{\text{к}} + A_{\text{ак}} + A_{\text{п}} + A_{\text{а}}, \text{ штук.} \quad (3.5)$$

$$A = 2 + 12 + 8 + 10 = 32 \text{ шт}$$

Визначаємо кількість проміжних опор.

$$П = N - A, \text{ штук.} \quad (3.6)$$

$$П = 152 - 32 = 120 \text{ шт.}$$

Результати розрахунків заносимо у табл. 3.1 (Додаток А).

Решту розрахунків проводимо у табличній формі (табл. 3.1) (Додаток А).

3.3 Визначення необхідної кількості транспорту і кранів

Транспортна схема

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

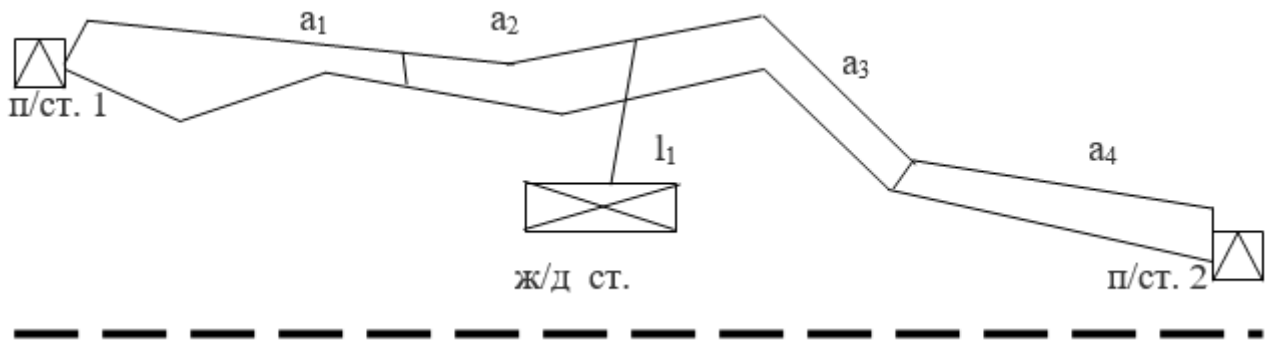


Рис. 3.1 – Транспортна система

Визначаємо загальну середню відстань вивезення вантажів до траси і по трасі повітряної лінії.

$$l_{\text{сер}} = l_{\text{сер1}} + l_{\text{сер2}}, \text{ км.} \quad (3.7)$$

де $l_{\text{сер1}}$ - середня відстань вивезення вантажів до траси ПЛ, км.

$l_{\text{сер2}}$ - середня відстань розвезення вантажів по трасі ПЛ, км.

Середня відстань вивезення вантажів до траси ПЛ визначається по формулі:

$$l_{\text{сер1}} = K_1 * l_1 (a_1 + a_2) / L, \text{ км.} \quad (3.8)$$

де K_1 - коефіцієнт об'їзду при транспортуванні вантажу від бази до траси ПЛ;

l_1 - відстань вивезення вантажів від бази до траси ПЛ, км (приймається в межах 25 – 45 км).

a_1, a_2, a_3, a_4 - відстань розвезення вантажів по трасі ПЛ, км.

L - загальна довжина траси ПЛ, км.

$$l_{\text{сер1}} = 1,3 \frac{8 \times (8,50 + 6,50 + 10 + 4,30)}{29,30} = 10,4 \text{ км.}$$

Середня відстань розвезення вантажів по трасі ПЛ, визначається по формулі:

$$l_{\text{сер2}} = K_2 * (a_1^2 + a_2^2) / 2 L, \text{ км.} \quad (3.9)$$

$$l_{\text{сер2}} = 1,4 \frac{(8,50 + 6,50)^2 + (10 + 4,30)^2}{2 \times 29,30} = 10,26 \text{ км}$$

Визначаємо загальну середню відстань вивезення вантажів до траси і по трасі ПЛ.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$l_{\text{сер,заг}} = 10,4 + 10,26 = 20,66 \text{ км}$$

Приймаємо $l_{\text{сер,заг}} = 21 \text{ км}$.

Визначення тривалості навантажувально-розвантажувальних робіт.

1. Тривалість навантаження.

Визначаємо час роботи крана при завантаженні за 1 рейс

$$t_{\text{н}} = (n_{\text{елт}} + n_{\text{млт}}) m_1 / z, \text{ ГОДИН.} \quad (3.10)$$

де $n_{\text{елт}}$ - норма завантаження 1 тони вантажу для електролінійників, люд.-год/тону;

$n_{\text{млт}}$ - норма завантаження 1 тони вантажу для машиніста крана, люд.-год/тону

m_1 - маса вантажу 1 рейсу, т.

z - кількість чоловік

2. Тривалість розвантаження.

Визначаємо час роботи крана при розвантаженні за 1 рейс:

$$t_{\text{роз}} = (n_{\text{релт}} + n_{\text{рмлт}}) m_1 / z, \text{ ГОДИН.} \quad (3.11)$$

де $n_{\text{р,лт}}$ - норма розвантаження 1 тони вантажу для електролінійників, люд.-год/тонну

$n_{\text{рмлт}}$ - норма розвантаження 1 тони вантажу для машиніста крана, люд.-год/тонну

Визначаємо загальний час роботи крана.

$$t_{\text{р}} = t_{\text{н}} + t_{\text{роз}}, \text{ ГОДИН.} \quad (3.12)$$

Визначаємо час пробігу машини:

$$t_{\text{пр}} = 2 * l_{\text{заг}} / V_{\text{т}}, \text{ ГОДИН.} \quad (3.13)$$

Визначаємо тривалість 1 рейсу.

$$t_{\text{1р}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{р}}, \text{ ГОДИН.} \quad (3.14)$$

Визначаємо кількість рейсів за 1 зміну.

$$N_{\text{р1зм}} = t_{\text{зм}} / t_{\text{1р}}, \quad (3.15)$$

де $t_{\text{зм}} = 8,2 \text{ год}$ - тривалість 1 зміни.

Визначаємо тривалість вивезення вантажів на трасу ПЛ.

$$T = N_{\text{рз}} / N_{\text{р1зм}}, \text{ ДНІВ.} \quad (3.16)$$

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де N_{pz} - загальна кількість рейсів для вивезення даного вантажу на трасу ПЛ.

Розрахунки для кожного виду вантажу проводимо у вигляді зведеної табл.

3.2 (Додаток Б).

Визначення кількості кранів для навантажувально-розвантажувальних робіт.

Для визначення необхідної кількості кранів, в розрахунках враховуємо тільки ті вантажі навантаження і розвантаження яких проводиться при допомозі кранів. Ізолятори та лінійна арматура розвантажуються вручну.

Всі вантажі діляться на дві категорії:

I категорія - вантажі при навантаженні і розвантаженні яких не вимагається особлива обережність (залізобетонні підніжними, анкерні плити, ригелі, металічні конструкції, метал для заземлення і т.д.)

II категорія - вантажі що вимагають особливої обережності при навантажувально-розвантажувальних роботах.

Визначаємо необхідну кількість кранів для кожного виду вантажів.

$$N_{кр.i} = K_1(P_1 * a_1 + P_2 * a_2 + P_3 * a_3 + P_4 * a_4) / K_n * t_m * K_p * D_p, \text{ шт.}$$

де $K_1 = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує вагу вантажів

P_1, P_3 - маса вантажів I категорії, що підлягають навантаженню і розвантаженню відповідно;

P_2, P_4 - маса вантажів II категорії, що підлягають навантаженню і розвантаженню відповідно;

a_1, a_3 - норма часу на розвантаження і навантаження відповідно, 1 т вантажів I категорії;

a_2, a_4 - норма часу на розвантаження і навантаження відповідно, 1 т вантажів II категорії;

$K_n = 0,75$ – коефіцієнт використання кранового парку;

$K_p = 0,6$ - коефіцієнт використання робочого часу;

$t_m = 8,2$ – тривалість машино-змін, годин.

D_p - тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт по графіку будівництва, днів.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки для кожного виду вантажу проводимо у вигляді зведеної табл.

3.2 (Додаток Б).

Визначення кількості автомашин для вивезення вантажів на трасу ПЛ.

Визначаємо необхідну кількість автомашин для кожного виду вантажів.

$$N_{m,i} = Q \cdot (2l_{\text{общ}} + V_T \cdot t_n) / q \cdot k_v \cdot t_m \cdot D_p \cdot k_n, \text{ шт.}$$

де, Q - вага вантажу що необхідно вивезти, тон.

$l_{\text{общ}}$ - середня відстань вивезення вантажів від станції до місця їх монтажу, км;

V_T - середня технічна швидкість автомашин, рівна 15 ÷ 20 км;

t_n - тривалість простою автомобілів під завантаженням і розвантаженням, год;

q – вантажопідймальність автомашини, т;

k_r – коефіцієнт використання вантажопідймальності автомашини, по таблиці;

t_m – тривалість машинозміни, годин;

D_p – тривалість вивезення вантажів по затвердженому графіку будівництва ПЛ; приймається рівною половині терміну будівництва лінії електропередачі в днях;

k_n – коефіцієнт використання автомобільного парку, рівний 0,8.

Розрахунки необхідної кількості автомашин по кожному виду вантажів виконуємо у вигляді табл. 3.2 (Додаток Б).

3.4 Визначення обсягів працезатрат по всім видам робіт

3.4.1 Визначення об'ємів земляних робіт

До земляних робіт відноситься:

- розробка котлованів під металічні опори;
- зворотна засипка землі у котловани під металічні опори.

Об'єм землі, яку виймають із котловану під один залізобетонний підніжник.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = H/6 [(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1], \text{ м}^3 \quad (3.17)$$

де a, b - сторони верхньої основи котлована, м.

a_1, b_1 – сторони нижньої основи котлована, м.

H – глибина котлована, м.

Верхні розміри котловану враховують характеристику землі, її склад і вологість і визначаються за виразом:

$$a_1 = a + 2H \times \text{tg} 2/3\varphi, \text{ м.} \quad (3.18)$$

$$b_1 = b + 2H \times \text{tg} 2/3\varphi, \text{ м.} \quad (3.19)$$

де φ – кут нахилу стінки котловану, градусів.

$$a = b = 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ м}$$

$$a_1 = b_1 = 1,5 + 2 \times 2,7 \text{ tg}(2/3) \times 22^\circ = 2,88 \text{ м}$$

$$V = (2,7/6) [(2 \times 1,5 + 2,88) \times 1,5 + (2 \times 2,88 + 1,5) \times 2,88] = 13,378 \text{ м}^3$$

Визначаємо об'єм землі під одну металічну опору.

$$V_o = 4 \times V = 4 \times 13,378 = 53,512 \text{ м}^3. \quad (3.20)$$

Визначаємо сумарний об'єм землі, що необхідно вийняти із котлованів під металічні опори.

$$V_\Sigma = n \times V_o, \text{ м}^3. \quad (3.21)$$

Визначаємо об'єм землі, що підлягає зворотній засипці.

$$V_{зв} = V_o - V_\phi, \text{ м}^3. \quad (3.22)$$

де V_ϕ - загальний об'єм залізобетонних підніжників, м^3 .

для анкерних опор:

$$V_{зв} = 53,512 - 4 \times 0,59 = 51,152 \text{ м}^3.$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 3.3.

Об'єм землі, яку виймають із котлована під одну з/б опору:

$$V_n = H \times \pi \times D^2 / 4, \text{ м}^3. \quad (3.23)$$

де D – діаметр бура, м

H – глибина котлована, м

$$V_n = 2,7 \times 3,14 \times 0,65^2 / 4 = 0,895 \text{ м}^3.$$

Об'єм землі, вийнятої із котлованів під усі проміжні опори визначається

$$V_{\Sigma n} = N' \times V, \text{ м}^3. \quad (3.24)$$

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм заглибленої частини стійки з/б опори

$$V_3 = H \times \pi \times d^2 / 4, \text{ м}^3. \quad (3.25)$$

де d – діаметр нижнього кінця опори, м

H – довжина заглибленої стійки опори, м

$$V_3 = 2,7 \times 3,14 \times 0,56^2 / 4 = 0,665 \text{ м}^3$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 3.3.

Об'єм землі що підлягає зворотній засипці під одну проміжну опору:

$$V_{\text{зв.п}} = V_{\text{п}} - V_3, \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{зв.п}} = 0,895 - 0,665 = 0,23 \text{ м}^3$$

Об'єм землі, що підлягає зворотній засипці під всі проміжні опори:

$$V_{\Sigma \text{зв.п}} = V_{\text{зв.п}} \times n, \text{ м}^3.$$

Відомість об'ємів земляних робіт.

Таблиця 3.3 - Відомість об'ємів земляних робіт

Кількість опор, шт	Розробка на одну опору, м ³		Загальний об'єм розробки, м ³	
	екскаватором	зворотня засипка	екскаватор	зворотня засипка
32	53,512	51,152	1712,384	1636,864
120	0,895	0,23	107,4	27,6

3.4.2 Визначення об'ємів робіт по вирубуванню просіки

Для визначення об'ємів робіт по вирубуванню просіки визначаємо її ширину, яка залежить від типу опори та висоти дерев лісового масиву, а також виду та призначення насаджень (сади, парки, заповідники, зелені зони та інше).

Визначення ширини просіки.

$$B = D + 2 H, \text{ м} \quad (3.26)$$

де D - відстань між крайніми проводами лінії, м.

H - висота дерев, м.

Середня висота дерев приймається в межах 14 – 25 метрів.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$B = 6,30 + 2 \times 20 = 46,3 \text{ м}$$

Визначення площі вирубування лісу.

$$S = l_{л} \times B, \text{ га} \quad (3.27)$$

де $l_{л}$ - довжина лісового масиву, м.

$$S = 4250 \times 46,3 = 196775 \text{ м}^2 = 19,68 \text{ га}$$

Результати розрахунків заносимо у табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків

Категорія і густота лісу	Висота дерев, Нм	Довжина лісового масиву, $l_{л}$, м	Відстань між крайніми проводами, м	Ширина просіки, м	Площа вирубки, га
Твердий густий	20	4250	6,30	46,3	19,68

3.4.3 Зведена відомість об'ємів робіт

Відомість об'ємів робіт.

Таблиця 3.5 – Відомість об'ємів робіт

Описання робіт	Одиниця вим.	К-сть
Розробка ґрунту екскаватором	м ³	1819,784
Монтаж фундаментів із збірних залізобетонних конструкцій	ПК	32
Зворотня засипка котлованів	м ³	1664,464
Монтаж металічних опор анкерно-кутових	шт	32
Монтаж проміжних залізобетонних опор	шт	120
Монтаж провода (три провода)	км	29,30
Монтаж грозозахисного троса (один трос)	км	4
Монтаж провода на переходах через залізні дороги	перех.	2

Продовження таблиці 3.5

Монтаж провoda на переходах через автомобільні дороги	перех.	2
Монтаж провoda на переходах через лінії зв'язку	перех.	1
Монтаж провoda на переходах через річку	перех.	1
Монтаж провoda на переходах через ПЛ 0,4 кВ	перех	1
Будівництво приколійних баз	шт.	1
Вирубка лісу	га	19,68

Об'єми робіт для складання преїскуранту ПЛ кВ.

Таблиця 3.6 – Преїскурант

Характеристика ПЛ			Витрати конструкцій, опор, проводів					
Напряга характер. опор, тросів, проводів	розміри		матеріал	шифр	к-сть на ПЛ, шт	Маса, об'єм м ³ ,т.		
	№ крайньої опор	довжин км				1шт	ПЛ	1км
						т	т	т
проміжні опори	2,18	29,30	3/6	ПБ 35-1	120	0,631	75,59	2,58
анкерні опори	1,41	29,30	М	У 35-1	32	3,08	98,45	3,36
провод	1,41	29,30	АС	АС 120/19	3	1,352	13,80	0,471
Трос	1,41	29,30	С	С - 35	1	0,508	7,97	0,272
Залізобетонні фундаменти								
шифр	кількість на ПЛ, ПК		об'єм, м ³					
			1 ПК	ПЛ		1 км		
Ф 1 - 2	32		2,36	75,52		2,58		

3.4.4 Визначення трудовитрат по всім видам робіт

Розрахунки проводимо на основі Будівельних Норм і Правил для будівництва ліній електропередачі а саме:

- а) трудозатрати на виконання всіх видів робіт по спорудженню ліній електропередачі;
- б) склад бригад або ланок по виконанню кожної роботи по будівництву ПЛ;
- в) тривалість виконання всіх видів робіт по будівництву ПЛ;
- г) загальну чисельність ділянки по будівництву ПЛ.

Трудові затрати на виконання того чи іншого виду робіт по будівництву ПЛ визначаються по формулі:

$$a = c * n / t_p, \text{ людино-днів.} \quad (3.28)$$

де c – норма часу на виконання того чи іншого виду робіт, годин.

n - кількість виконаних робіт (опор, m^3 , тон, км і т. д.).

t_p - тривалість робочого дня, годин.

Одночасно з визначенням трудозатрат визначається чисельний склад бригад, ланок для виконання кожного виду робіт і визначається тривалість виконання кожного виду робіт.

Бригади або ланки укомплектовуються електrolінійниками по робочих розрядах.

Тривалість виконання робіт визначається по формулі:

$$T = a / z, \text{ днів.} \quad (3.29)$$

де z – кількість чоловік зайнятих на виконанні даної роботи.

Нормативні дані вибрано згідно [3], [5], [6], [7], [8].

Дані розрахунків приводимо у формі табл. 3.7 (Додаток В).

Трудовитрати на постачання на трасу матеріалів і конструкцій визначаємо по формулах:

Загальні трудовитрати на навантажувально-розвантажувальні роботи

$$a_{\Sigma} = a_n + a_p, \text{ людино-днів.} \quad (3.30)$$

де a_n - трудовитрати на навантаження, людино-днів;

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

a_p – трудовитрати на розвантаження, людино-днів.

Визначаємо трудовитрати на навантаження вантажів:

$$a_H = (n_{нелТ} + n_{нмлт}) m / t_{зм}, \text{ людино-днів.} \quad (3.31)$$

де m - загальна маса виду вантажів, т.

Визначаємо трудовитрати на розвантаження вантажів:

$$a_p = (n_{релТ} + n_{рмлт}) m / t_{зм}, \text{ людино-днів.} \quad (3.32)$$

До складу ланки по навантажувально-розвантажувальних роботах входять машиністи кранів, зайнятих на навантажувально-розвантажувальних роботах, до яких додається по два такелажника для обслуговування кожного крана.

Визначаємо тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт.

$$T = a_{\Sigma} / z, \text{ днів.} \quad (3.33)$$

де z - кількість чоловік зайнятих на навантажувально-розвантажувальних роботах.

Визначаємо трудовитрати на виконання одного рейсу транспортним засобом на перевезення вантажу на трасу ПЛ.

$$a_{тз1} = t_{1p} * z, \text{ людино-годин.} \quad (3.34)$$

Визначаємо трудовитрати на виконання перевезень загальної кількості кожного виду вантажу, на трасу ПЛ.

$$a_{тз,3} = a_{тз1} * N_{рз}, \text{ людино-годин.} \quad (3.35)$$

де $N_{рз}$ - загальна кількість рейсів для вивезення даного виду вантажу на трасу ПЛ.

Визначаємо тривалість виконання робіт по вивезенню окремих видів вантажів на трасу ПЛ.

$$T = a_{тз,3} / t_{зм} * z, \text{ днів.} \quad (3.36)$$

Розрахунки по видах вантажів приводимо у вигляді табл. 3.8 (Додаток Г).

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Вибір та обґрунтування методів виконання робіт при спорудженні повітряної лінії електропередачі

Для будівництва лінії електропередачі потрібно підібрати найоптимальніший метод її спорудження, тому що від методу будівництва залежать:

- термін будівництва ЛЕП;
- кількість робочих;
- кількість та тип техніки та механізмів і т.д.

Найбільшого розповсюдження набув потоковий метод будівництва.

Багаторічна практика будівництва ПЛ виявила найбільш доцільну форму організації робіт поточковим методом. При такому методі перед фронтом робіт знаходиться неосвоєна траса ПЛ, а позаду фронту уже готові до задачі в експлуатацію анкерні прогони лінії. Багаторазове виконання одних і тих самих технологічних операцій призводить до підвищення продуктивності праці, кращому використанню машин і механізмів, підвищення якості виконуваних робіт.

Для успішного виконання робіт, кожна спеціалізована бригада повинна бути забезпечена необхідними матеріалами, машинами і механізмами. В залежності від обсягів робіт і тривалості їх виконання, організуються при необхідності дві і більше спеціалізовані бригади по кожному із їх видів. Кожна спеціалізована бригада виконує роботи під керівництвом майстра, який відповідає за якісне виконання робіт даного виду.

При організації будівництва ПЛ поточковим методом, кожний вид робіт доручається спеціалізованій бригаді робочих, або спеціалізованому виконробу ділянки. Трасу лінії розбивають на декілька ділянок фронту робіт. Спочатку на першій ділянці приступає до роботи спеціалізована бригада по підготовці траси ПЛ, по закінченні робіт цією бригадою на першій ділянці, до роботи приступає бригада по розбивці котлованів, а бригада по підготовці траси переходить на наступну ще неосвоєну ділянку траси. По мірі виконання робіт бригади

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

переходять по трасі ПЛ з однієї ділянки на іншу, таким чином безперервна послідовна робота змінюючих одна одну спеціалізованих бригад створює потокове виконання будівельно-монтажних робіт при спорудженні ПЛ.

Втілення потокового будівництва ПЛ з точним врахуванням можливостей механізмів, по підрахункам дозволяє скоротити тривалість знаходження механізмів на трасі на 30-35%.

Отже, потоковий метод дозволяє побудувати дану лінію в намічені терміни, та з високою якістю виконання робіт.

3.6 Пояснення до організаційної структури дільниці

Будівництво лінії електропередачі передбачається силами електромонтажної організації, яка відповідає структурі і оснащенню механізованої колони.

В структуру механізованої колони входить:

- ремонтно - виробнича база,
- група підготовки виробництва,
- будівельно - монтажні дільниці.

До складу будівельно-монтажних дільниць в свою чергу входять спеціалізовані підрозділи, які спеціалізуються на виконанні окремих видів робіт, а саме:

- підготовчо-допоміжний участок,
- транспортний участок,
- виконробські участки по підготовці траси,
- виконробські участки по рубці просіки,
- виконробський участок по комплектації і вивезенню конструкцій і матеріалів,
- виконробський участок по збиранню опор,
- виконробський участок по монтажу проводів і тросів,

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконробський участок по збиранню фундаментів,
- виконробський участок по установці опор,
- група підготовки ПЛ до здачі в експлуатацію.

Керує всіма роботами по спорудженню повітряної лінії начальник ділянки (старший виконроб) через виконробів відповідальних за виконання окремих видів робіт.

В кожний виконробський участок входить одна або декілька спеціалізованих бригад, яка виконують роботу за спеціальністю.

Очолює роботу кожної бригади бригадир, який відповідає за своєчасне і якісне виконання доручених робіт.

Спеціалізовані бригади можуть поділятися на окремі ланки з відповідним об'ємом електромонтажних або будівельних робіт.

Схема організаційної структури ділянки є непостійна і залежить від об'єму виконуваних робіт, технічного оснащення будівельної організації та інших факторів. Один з варіантів організаційної структури приведено в графічній частині роботи.

3.7 Розрахунок і побудова графіку виконання робіт

Графік виконання робіт на будівництві ліній електропередачі повинен відображати спосіб виконання робіт, послідовність та терміни виконання окремих видів робіт.

Лінійний графік з спорудження ПЛ повинен складатися з врахуванням потокового або потоково-швидкісного методу виконання робіт і повинен включати в себе всі роботи по будівництву ПЛ.

Для побудови лінійного графіка спорудження ПЛ використовують наступні основні дані:

- початок будівництва ПЛ;

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

- перелік основних видів робіт, які підлягають відображенню на графіку;
- термін будівництва ПЛ.

Для спорудження ПЛ 110 кВ довжиною 54,2 км розроблений календарний графік виконання робіт та графік руху робочої сили.

Середня чисельність робочих по графіку:

$$N_{cp} = \frac{Q}{T_{np}}, \text{ чол.} \quad (3.37)$$

де Q - загальні трудовитрати на спорудження ПЛ, люд/см.

T_{np} - проектуєма тривалість будівництва ПЛ, зм.

На основі графіка виконання робіт по спорудженню ПЛ складається графік руху робочої сили, а також підраховуються терміни виконання окремих видів робіт та загальна швидкість будівництва ПЛ в цілому.

Кожний календарний місяць має 22 робочих дня та поділений на 4 робочі тижня по 5,5 робочих змін у кожному.

По графіку руху робочої сили визначають (при потребі) наступні коефіцієнти:

1. Коефіцієнт нерівномірності робочої сили:

$$K_{нер} = N_{max} / N_{cp} \quad (3.38)$$

де N_{max} – максимальна чисельність по графіку,

N_{cp} - середня спискова чисельність робочих.

2. Коефіцієнт стійкості потоку робочої сили:

$$K_{нер} = T_{max} / T_{cp} \quad (3.39)$$

де T_{max} – кількість днів будівництва ПЛ, на яку приходиться середня спискова чисельність робітників;

T_{cp} - загальна тривалість спорудження ПЛ, днів.

3.8 Контроль якості робіт

Виробничий контроль якості здійснюється на всіх етапах будівництва з метою одержання необхідної і об'єктивної інформації про фактичний рівень їхньої якості і виявлення причин відхилень від вимог нормативно-технічної документації.

Виробничий контроль включає:

- вхідний контроль якості матеріалів, що надходять на будівництво, виробів, деталей, конструкцій;
- операційний контроль якості;
- приймальний контроль закінчених видів етапів робіт, або конструкцій їхніх елементів, споруджень і об'єкта в цілому.

Виробничий контроль здійснюють:

1. Будівельна лабораторія,
2. Працівники служби виробничо - технологічної комплектації,
3. Безпосередні виконавці робіт,
4. Інші служби та підрозділи.

Результати виробничого контролю повинні реєструватися у:

- відповідній робочій і виконавчій документації,
- журналах робіт,
- актах на приймання робіт.

Метою вхідного контролю є попередження використання при виконанні будівельно - монтажних робіт будівельних конструкцій, ізоляторів, лінійної арматури, неізольованого проводу, грозозахисного тросу, що не відповідають вимогам проекту і нормативних документів, що визначають їхню якість.

Вхідний контроль якості продукції, що надходить на склади, здійснюють працівники цього підрозділу.

При вхідному контролі перевіряють:

- стан упакування,

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

- зовнішній вигляд продукції, що надходить,
- правильність маркірування,
- наявність і повноту заповнення супровідних документів і відповідність приведених у них даних технічним вимогам або стандартам інших нормативних документів, що встановлюють якість цієї продукції,
- відповідність розмірів, типів, марок продукції, що надійшла, зазначеним у супровідній документації.

На бічній поверхні залізобетонних елементів ПЛ 35-750 кВ повинно бути нанесене маркування з вказівкою незмивною фарбою: марки виробу, дати виготовлення, товарного знаку підприємства – виробника, маси виробу і штамп технічного контролю. Маркування наноситься на відстані 0.1 м від верхньої грані колони фундаменту і 6 м від нижнього кінця стійок залізобетонних опор. При позитивних результатах контролю продукція підлягає прийманню. Прийнята продукція фіксується в журналах вхідного контролю.

При виявленні в процесі вхідного контролю невідповідностей продукції установленим вимогам, відповідні працівники сповіщають про невідповідність особу, яка відповідальна за претензійну роботу.

У процесі вхідного контролю якості заводської продукції, виготовленої для ПЛ 35-750 кВ, перевіряється стан наступних елементів:

Ізоляторів – на відсутність волосяних тріщин, відколів, ушкоджень глазури, руйнування скла, тріщин у чавунних шапках, погнутих і ушкоджених стрижнів, погойдування і повороту сталевих випусків. Шапки і стрижні ізоляторів повинні бути оцинковані;

Лінійної арматури – на відсутність тріщин, раковин і ушкоджень оцинкування; гайки повинні вільно накручуватись на всю довжину різьби. Елементи збірних залізобетонних фундаментів – відсутність на поверхні раковин і вибоїн; на анкерних плитах повинні знаходитись шайби і гайки; усі фундаменти призначені для установки в агресивне середовище повинні бути захищені гідроізоляцією.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Гвинти, шайби і гайки – на відсутність тріщин на поверхні, раковин, ушкоджених місць та інших дефектів. Гвинти повинні мати захист від корозії, рівне не збите різьблення і не повинні бути скривлені.

При входному контролі фарба, цемент, бруд видаляються з поверхні ізоляторів за допомогою бензину. Чищення ізоляторів сталевими щітками не дозволяється; порушення гідроізоляції сталевих конструкцій відновлюється шляхом фарбування ушкоджених місць розплавленим бітумом у два шари; раковини і вибоїни до 10 мм зашпаровуються цементом при додатній температурі.

Операційний контроль повинен здійснюватися під час і після визначеного процесу з метою своєчасного виявлення дефектів і вживання заходів по їх усуненню і попередженню.

Якість з'єднань окремих сталевих конструкцій повинна відповідати наступним вимогам:

- розміри болтів і їхнє антикорозійне покриття повинні відповідати вимогам проекту;
- не допускається установка в отвори, що не з'єднуються, меншого діаметру;
- вісь болта повинна бути перпендикулярна площині елементів, що з'єднуються;
- гайки повинні бути затягнуті до кінця і закріплені установкою пружинних шайб чи контргайкою;
- шайби повинні встановлюватися, як правило, тільки під гайкою в кількості одна - дві;
- нарізна частина гвинта не повинна входити в тіло елементів, що з'єднуються, більш ніж на 1 мм, а гладка частина не повинна виступати із шайби;
- у кожному болті з боку гайки повинно залишатися на менше одного витка різьби з повним профілем.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою приймального контролю є перевірка відповідності якості закінчених споруджень, їхніх конструктивних елементів чи окремих видів робіт вимогам проектної і нормативної документації для визначення можливості виконання наступних видів робіт експлуатації об'єктів.

Приймальний контроль здійснюється при завершенні окремих частин і видів робіт та об'єкта в цілому і має на меті перевірку їхньої готовності до експлуатації.

Будівельна лабораторія при участі технічного відділу розробляє план приймального контролю, що визначає етапи і терміни його проведення.

До закінчених конструктивних елементів ПЛ 35-750 кВ до приймального контролю в процесі будівництва відносяться:

- фундаменти з монолітного бетону і залізобетону,
- фундаменти із збірного залізобетону,
- проміжні та анкерні опори,
- проводи і грозозахисні троси.

Приймальний контроль здійснюють: при прийманні робіт від бригад, що будуть виконувати наступні роботи.

Результати приймального контролю фіксують в журналах робіт.

Приймання закінчених об'єктів організовується замовником.

Будівельна лабораторія бере участь у приймальному контролі, якщо проведення випробувань передбачено планом приймального контролю, а також якщо при проведенні контролю виник сумнів у відповідності якості виконаних робіт установленим вимогам.

В іншому випадку результати випробувань вимірів оформляються у вигляді висновків, що передаються особі відповідальній за приймання.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

3.9 Заходи по здачі повітряної лінії електропередачі в експлуатацію

З першого дня будівництва ПЛ і на протязі всього періоду робіт необхідно готуватися до здачі ПЛ в експлуатацію, своєчасно складати виробничу документацію. По закінченню будівництва ПЛ, будівельна організація повинна ретельно перевірити якість робіт, відсутність недоробок та дефектів, підготовку документації і після того передати лінію електропередачі замовнику до здачі в експлуатацію. Не пізніше ніж за 3 місяця до встановленого терміну введення ПЛ в експлуатацію призначається державна приймальна комісія, в склад якої входить представник від електромереж, будівельної організації, проектною організації, технічної інспекції профспілок, фінансуючого банку та органів охорони природи.

До пред'явлення державній комісії, лінію приймає робоча комісія, призначена замовником в п'ятиденний термін після одержання від будівельної організації письмового повідомлення про готовність лінії електропередачі до здачі в експлуатацію.

Будівельна організація пред'являє робочій комісії наступну документацію: відомість документів пред'являємих для приймання; відомість відхилень від проекту; відомість недоробок; акти приймання скритих робіт; трьохлінійну схему; журнал робіт по установці фундаментів; журнал робіт по монтажу опор; журнал робіт по монтажу заземлюючі пристроїв; журнал робіт по монтажу з'єднувачів проводів; журнал монтажу натяжних і ремонтних зажимів; журнал монтажу проводів і тросів на анкерних ділянках; комплект робочих креслень по даній ПЛ з внесеними змінами.

Робоча комісія ретельно оглядає і перевіряє готовність лінії електропередачі до здачі в експлуатацію, відмічає недоліки, недоробки, дефекти, відхилення від норм і проекту.

Останні пусканалагоджувальні роботи і пробне включення ПЛ під напругу, передуюче включенню ПЛ в експлуатацію, проводяться тільки після введення експлуатаційного режиму. Всі організації та особи, працюючі на лінії,

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

повинні бути попереджені про наступну подачу напруги. У відповідних місцях вивішуються плакати і розташовуються спостерігачі.

Після усунення дефектів вона повторно оглядає лінію електропередачі.

Акти і протоколи огляду пред'являються державній комісії.

Після перевірки всіх елементів і документації, при умові, що дефектів і недоробок немає, держкомісія дає письмовий дозвіл на включення лінії електропередачі.

Таке включення виконує експлуатаційна організація, якій підрядник надає повідомлення про готовність лінії електропередачі до включення.

Якщо на протязі роботи одного місяця лінія електропередачі працює нормально та безперебійно, то лінія електропередачі переходить у власність експлуатаційної організації.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Охорона праці - це система заходів щодо забезпечення безпечних для життя і здоров'я працюючих умов виконання робіт.

Вона містить у собі:

- законодавчі заходи,
- техніку безпеки,
- виробничу санітарію.

Техніка безпеки представляє собою систему технічних засобів і прийомів роботи, а також обов'язкових правил, дотримання яких забезпечує безпека праці.

Виробнича санітарія - сукупність практичних заходів, що гарантують збереження здоров'я працюючих і населення, що стикається з місцями робіт.

З охороною праці тісно зв'язані протипожежні заходи і блискавкозахист споруджень, тому що пожежі і грозові розряди загрожують не тільки матеріальним цінностям, але і життю людей.

В організаціях складаються плани соціального розвитку на кожен п'ятиріччю.

У цих планах передбачається:

- поліпшення умов праці й охорони праці,
- організація харчування на місці робіт,
- поліпшення житло-побутових умов;
- підвищення кваліфікації і матеріального рівня працюючих,
- підвищення рівня механізації,
- поліпшення організації виробництва;
- упровадження наукової організації праці,
- упровадження нової техніки і технології;

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Белякова І.В.					63	5
Консульт.		Гурик О.Я.				ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

- скорочення втрат робочого часу за рахунок поліпшення організації праці і забезпечення необхідними ресурсами, а також за рахунок поліпшення дисципліни. На охорону праці витрачаються великі засоби; у колективних договорах передбачаються необхідні заходи.

Відповідно до кодексу законів про працю адміністрація не може вимагати від працівника роботи, сполученої з явною чи небезпекою не відповідним законам про працю.

Забезпечення безпеки праці за умов трудового договору:

Згідно зі ст. 6 Закону України «Про охорону праці» умови трудового договору не можуть містити положень, які не відповідають законодавчим та іншим нормативним актам про охорону праці. Сутність гарантій полягає в тому, що законодавство про охорону праці встановлює відповідні стандарти та нормативи, права та обов'язки щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці, які є обов'язковими для сторін трудового договору при визначенні його змісту. Тому умови, які погіршують правове становище працівників порівняно із законодавством про охорону праці, визнаються недійсними.

4.1 Техніка безпеки при будівельно-монтажних роботах

Під час виробництва будівельно-монтажних робіт необхідно дотримувати вимоги, викладені в діючих документах, зокрема:

Снип III-4-80 "Техніка безпеки в будівництві".

"Правила дорожнього руху".

"Правила пристрою і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів".

"Правила охорони праці на автомобільному транспорті";

"Правила плавання по внутрішніх судноплавних шляхах";

"Інструктивні вказівки по безпечній організації переправ на ріках і водоймах";

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

"Інструкція з техніки безпеки для працівників підприємств, що використовують авіацію для перевезення службових пасажирів, при транспортуванні вантажів на зовнішній підвісці і будівельно-монтажних роботах";

Нормативні матеріали і правила по техніці безпеки на будівництві повітряних ліній електропередачі і підстанцій.

Рубання просіки. На усій відведеній території до початку робіт з валку дерев повинні бути прибрані всім сухостійним, поваленим вітром і завислі дерева. Перед збиранням необхідно обрубати пружні корені повалених вітром дерев. У зоні валки дерев забороняється робити будь-як інші роботи в радіусі менш 50 м від лісорубів. Небезпечна зона повинна відгороджуватися попереджувальними знаками з написом "Обережно, валка лісу. Проїзд, прохід заборонений!". Знаки виготовляють розміром 300X300 мм на підставці висотою 2 м, загальне тло знаку жовтого кольору, букви - чорні, коло навколо букв і знак оклику - червоні.

Забороняється валяння при сильному вітрі, тумані, ожеледі, у досвітній час і з настанням темноти. Узимку навколо дерев, що зрубуються, потрібно очистити сніг і зробити доріжки для швидкого відходу лісорубів у момент падіння дерев у напрямку, зворотному падінню, під кутом^о45. Заборонені також групове валяння дерев з попередньою підпилкою і валка з використанням падіння одного дерева на інше.

Навислі дерева знімають під посібником чи бригадира майстра. Для додання напрямку падіння дереву до нього до початку спилювання прив'язують мотузки. Не можна підніматися по підпиляному дереву, стояти під ним. Вальщик, подавши сигнал "бережися", відходить у протилежну падінню сторону під кутом' 45 ° на 4 м.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

4.2 Причини електротравматизму

Основними причинами електротравматизму є:

- недостатня навченість, несвоєчасна перевірка знань та присвоєння груп кваліфікації за технікою безпеки персоналу, який обслуговує електроустановки;
 - порушення правил влаштування, технічної експлуатації та техніки безпеки електроустановок;
 - неправильна організація праці;
 - неправильне розташування пускової апаратури та розподільчих пристроїв, захаращеність підходів до них;
 - порушення правил виконання робіт в охоронних зонах ЛЕП, електричних кабелів та ліній зв'язку;
 - несправність ізоляції, через що металеві не струмопровідні частини обладнання виявляються під напругою;
 - обрив заземлювального провідника;
 - використання електрозахисних пристроїв, які не відповідають умовам виконання робіт;
 - виконання електромонтажних та ремонтних робіт під напругою;
 - застосування проводів та кабелів, які не відповідають умовам виробництва та використовуваній напрузі;
 - низька якість з'єднань та ремонту;
- недооцінка небезпеки струму, який проходить через тіло людини та напруги, впливу якої підлягає людина, коли її ноги знаходяться на ділянці з точками різного потенціалу („крокова напруга”);
- ремонт обірваного нульового провідника повітряної лінії при невимкненій мережі і приєднаному однофазному навантаженні;
 - живлення декількох споживачів від загального пускового пристрою з захистом запобіжниками, розрахованими на вимкнення найбільш потужного з них або від однієї групи розподільчої шафи;

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

- недооцінка необхідності вимкнення електроустановки (зняття напруги) в неробочі періоди;
- виконання робіт без індивідуальних засобів електрозахисту або використання захисних засобів, які не пройшли своєчасного випробування;
- невиконання періодичних випробувань, зокрема перевірок опору ізоляції (електромереж, обмоток електродвигунів, котушок комутаційної апаратури, реле) та опорів заземлювальних пристроїв;
- користування електроустановками, опір ізоляції яких не перевищує нормативних значень;
- використання електроустановок кустарного виготовлення, виготовлених з порушенням вимог правил електробезпеки (зокрема, розподільчими та пусковими пристроями, електропечами);
- некваліфікований інструктаж робітників, які використовують ручні електричні машини;
- відсутність контролю за діями працівників з боку виконавців робіт;
- відсутність маркування, запобіжних плакатів, блокувань, тимчасових огорожень місць електротехнічних робіт.

Ці причини можна згрупувати за наступними чинниками:

- дотик до струмоведучих частин під напругою внаслідок недотримання правил техніки безпеки, дефектів конструкції та монтажу електрообладнання;
- дотик до неструмоведучих частин, які опинились під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, перехрещування проводів;
- помилкове подання напруги в установку, де працюють люди;
- відсутність надійних захисних пристроїв.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Отримано наступні результати:

1. Вибрано провід марки АС-120/19 з допустимим струмом навантаження 390 А. Проведено перевірку вибраного перерізу проводу на нагрівання. Здійснено розрахунок проводу марки АС-120/19 на міцність. У якості грозозахисного тросу передбачено використати сталевий трос марки С-35.
2. Знайдено механічні одиночні та питомі навантаження сталелегалюмінієвого проводу марки АС-120/19 для ПЛ напругою 35 кВ.
3. Проведено розрахунок і комплектацію гірлянд ізоляторів. Для підтримуючої гірлянди ізоляторів вибрано ізолятор типу ПС6-А, кількість ізоляторів в гірлянді – 3 шт. Для натяжної гірлянди ізоляторів вибрано ізолятор типу ПС6-А, кількість ізоляторів – 4 шт.
4. Визначено навантаження на опору в нормальному та аварійному режимах.
5. Здійснено вибір конструкції повітряної лінії. Вибрано проміжку залізобетонну опору типу ПБ35-1 та перехідну механічну анкерно-кутову опору типу У35-1.
6. Визначено тривалість будівництва ПЛ – 3,75 місяця.
7. Визначено матеріальні ресурси для будівництва лінії. Загальна кількість опор становить 152 шт., з них: анкерних – 32 шт., проміжних – 120 шт.
8. Визначено необхідну кількість транспорту і кранів.
9. Визначено обсяг працезатрат по всім видам робіт.
10. Здійснено вибір та обґрунтування методів виконання робіт. Застосовано потоковий метод, що дозволяє побудувати дану лінію в намічені терміни та з високою якістю виконаних робіт.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дімітрієва Г.О.			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Белякова І.В.					68	2
Консульт.						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

11. Проведено пояснення до організації структури ділянки.
12. Проведено розрахунок та побудову графіку виконання робіт
13. Передбачено контроль якості робіт
14. Описані заходи по здачі ЛЕП в експлуатацію.

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горфинкель Я. М., Каетанович М. М., Реут М. А. Организация производства работ по сооружению линий электропередачи. М.: Энергия, 1980 г.
2. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. - К., 2017.
3. К.П.Крюков, Б.П.Новгородцев. Конструкции и механический расчёт линий электропередач. Л.: «Энергия», 1979.
4. И.А.Баумштейн В.А.Бажанов. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. М.: «Энергоатомиздат», 1989.
5. М. А. Реута. Технология сооружения линий электропередачи. М.: Энергоатомиздат 1983 г.
6. Гордон С. В. Сооружения линий электропередачи. М.: Энергоатомиздат, 1984 г.
7. Под. ред. А.Д. Романова. Справочник по строительству линий электропередачи. М.: «Энергия» 1971.
8. В.Г.Герасимов. Электротехнический справочник. Том 3. М.: Энергоатомиздат 1988 г.
9. Беркута А. В., Губень П. И., Нифонтов А. В. Державні будівельні норми України, 33 збірник. К.: 2000 р.
10. Рокотян С.С., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электро-энергетических систем. М.: Энергоатомиздат 1985 г.
11. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття)

					КРБ 19–052.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
Розроб.		Дімітрієва Г.О.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Белякова І.В.							70	1
Консульт.								ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.								
Затверд.		Тарасенко М.Г.								

ДОДАТКИ

Таблиця потреб матеріально-технічних ресурсів

№ п/п	Назва конструкцій і матеріалів	Тип, марка	Одиниця виміру	Розрахунок кількості	
				без запасів	з запасом
			4	5	6
1	Опори з/б пром'янки	ПБ 35 - 1	шт.	$N_{op} = 120$ $m = 120 \times 1,67 = 200,4$	$N_{op} = N_{op} \times 1,02 = 120 \times 1,02 = 122,4$ $m = 120 \times 1,67 \times 1,02 = 200,4$
1	Траверси з/б пром'янки опор	У 35 - 1	т	$m_c = m_1 \times N_{op} = 0,433 \times 120 = 51,96$ $m_{op} = m_{op} \times 120 = 0,918 \times 120 = 23,76$	$m_c = 0,433 \times 122 = 52,83$ $m_{op} = 0,918 \times 122 = 24,16$
2	Металеві А-К опори		шт. болт	$N_{A,K} = 32$ $m_{A,K} = N_{A,K} \times m_1 = 32 \times 3,08 = 98,56$	$N_{A,K} = 32$ $m_{A,K} = N_{A,K} \times m_1 = 32 \times 3,08 = 98,56$
3	Фундаменти з/б підвіжними рігелі	Ф 1 - 2	шт.	$N_{ф} = N_{A,K} \times 4 = 32 \times 4 = 128$ $m_{ф} = N_{ф} \times m_{ф} = 128 \times 1,5 = 192$ $V_{ф} = V_{ф} \times N_{ф} = 0,59 \times 128 = 75,52$ $N_{р} = 13$ $m_{р} = N_{р} \times m_{р} = 13 \times 0,5 = 6,5$ $V_{р} = V_{р} \times N_{р} = 0,20 \times 13 = 2,6$	$N_{ф} = N_{A,K} \times 4 \times 1,02 = 128 \times 4 \times 1,02 = 522$ $m_{ф} = N_{ф} \times m_{ф} = 522 \times 1,5 = 783$ $V_{ф} = V_{ф} \times N_{ф} = 0,59 \times 522 = 308$ $N_{р} = N_{A,K} \times 1,02 = 13 \times 1,02 = 14$ $m_{р} = N_{р} \times m_{р} = 14 \times 0,5 = 7$ $V_{р} = V_{р} \times N_{р} = 0,20 \times 14 = 2,8$
4	Барабани для проводу	№12	шт.	$N_{б,пр} = 3 \times n \times n / L_{ф} \times 10^{-3} = 29,30 \times 3 / 2 = 44$ $m_{б,пр} = m_{б,пр} \times m_{б,пр} = 1,352$ $m_{б,пр} = N_{б,пр} \times m_{б,пр} = 44 \times 1,352 = 59,488$ $N_{б,сп} = L \times n / L_{ф} \times 10^{-3} = 4 \times 1 / 1,5 = 3$ $m_{б,сп} = m_{б,сп} \times m_{б,сп} = 0,508$ $m_{б,сп} = m_{б,сп} \times N_{б,сп} = 3 \times 0,508 = 1,524$	$N_{б,пр} = 44 \times 1,03 \times 1,02 = 46$ $m_{б,пр} = N_{б,пр} \times m_{б,пр} = 1,352$ $m_{б,сп} = 46 \times 1,352 = 62,192$ $N_{б,сп} = N_{б,сп} \times m_{б,сп} \times K_1 \times K_2 = 3 \times 1,03 \times 1,02 = 4$ $m_{б,сп} = 0,508$ $m_{б,сп} = 4 \times 0,508 = 2,032$
5	Підтримуючі гірлянди для проводу	ПС 6 - А	шт.	$N_{г,пр} = 3 \times n \times N_{op} = 3 \times 120 = 360$ $m_{г,пр} = N_{г,пр} \times m_{г,пр} = 1860 \times 0,0356 = 66,216$	$N_{г,пр} = N_{г,пр} \times K_1 = 360 \times 1,05 = 378$ $m_{г,пр} = N_{г,пр} \times m_{г,пр} = 378 \times 0,0356 = 13,457$
6	Підтримуючі гірлянди для троса	-	шт.	$N_{г,сп} = n \times N_{op} = 1 \times 18 = 18$ $m_{г,сп} = N_{г,сп} \times m_{г,сп} = 18 \times 0,003682 = 0,066$	$N_{г,сп} = N_{г,сп} \times 1,05 = 19$ $m_{г,сп} = N_{г,сп} \times m_{г,сп} = 19 \times 0,003682 = 0,070$
7	Натяжні гірлянди для проводу	ПС 6 - А	шт.	$N_{г,нат} = 6 \times n \times N_{A,K} = 6 \times 1 \times 31 = 186$ $m_{г,нат} = N_{г,нат} \times m_{г,нат} = 186 \times 0,02018 = 3,753$ $N_{г,сп} = 2 \times n \times N_{op} = 2 \times 2 = 4$ $m_{г,сп} = N_{г,сп} \times m_{г,сп} = 4 \times 0,007306 = 0,029$	$N_{г,нат} = N_{г,нат} \times K_1 = 186 \times 1,05 = 195$ $m_{г,нат} = m_{г,нат} \times K_1 = 195 \times 0,02018 = 3,935$ $N_{г,сп} = N_{г,сп} \times 5$ $m_{г,сп} = m_{г,сп} \times 5 = 0,145$
8	Гасники вібрації для проводу	ГВН - 3 - 17	шт.	$N_{гвн} = 6 \times n \times N = 6 \times 1 \times 151 = 906$ $m_{гвн} = N_{гвн} \times m_{гвн} = 906 \times 0,00224 = 2,029$	$N_{гвн} = 906 \times 1,02 = 924$ $m_{гвн} = 924 \times 0,00224 = 2,116$
9	Гасник вібрації для троса	ГВН - 2 - 9	шт.	$N_{гвн} = 2 \times n \times N_{A,K} = 2 \times 21 = 42$ $m_{гвн} = N_{гвн} \times m_{гвн} = 42 \times 0,00404 = 0,170$	$N_{гвн} = 42 \times 1,02 = 43$ $m_{гвн} = 43 \times 0,00404 = 0,174$
10	Метал для заземлення		т	$m_{за} = 0,10 \times 4 = 0,40$	$m_{за} = 0,10 \times 4 \times 1,08 = 0,432$

Додаток Г

Назва робіт	Одиниця виміру	Кількість	Норма часу на одиницю об'єкту	Трудовитрати на весь об'єм робіт людино-змін	Час виконання робіт, змін	Кількість чоловік	Склад ланки
Влаштування приколійних баз	штуки	1	295,2	36	6	6	електролінійник-5 машиніст-1
Підготовчо-допоміжні роботи	км	29,30	24,05	85,93	14,32	6	електролінійник-5 машиніст-1
Вирубання просіки	га	19,68	356,8	856,32	34,25	25	електролінійник-5 машиніст-2
Розбивка котлованів	ПК	32	3,2	12,46	6,25	2	електролінійник-2
Буріння котлованів	ПК	120	4,13	60,44	12,09	5	електролінійник-4 машиніст-1
Монтаж фундаментів	ПК	32	35,42	138,22	23,04	6	електролінійник-4 машиніст-2
Земляні роботи	ПК	34,84	125,1	531,52	35,43	15	електролінійник-5 машиніст-1
Складання і установка проміжних залізобетонних опор	ПК	120	18,82	275,41	27,54	10	електролінійник-8 машиніст-2
Збирання і установка металічних А/К опор	ПК	32	183,04	714,30	28,57	25	Електролінійник-8, машиніст-3
Монтаж проводів (3 проводів) і грозозамисного троса	км	29,30 4	171,9 40,72	614,23 19,86	24,57 6,62	25 3	електролінійник-8, машиніст-4
Монтаж проводів і тросів на переходах	перехід	7	237,7	202,91	20,29	10	електролінійник-8 машиніст-2
Підготовка ПЛ до з'єдч. в експлуатацію	км	29,30	16,4	58,6	11,72	5	електролінійник-4 машиніст-1