

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління

проектами

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ ПРОЄКТ ЗВЕДЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ ВЕЖІ ІЗ  
ВРАХУВАННЯМ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ ВІТРУ У М.  
ЗАПОРІЖЖЯ

PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF A METAL TOWER TAKING  
INTO ACCOUNT THE PULSATION COMPONENT OF THE WIND IN  
ZAPORIZHZHIA

Виконав: студент 1 курсу, групи БАД-114м  
Спеціальності 192 Будівництво та  
цивільна інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Гундров Г.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Левченко Н. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Факультет будівництва, архітектури та дизайну  
 Кафедра будівельного виробництва та управління проектами  
 Ступінь вищої освіти перший (магістр)  
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
 (код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.  
О.М. Назаренко  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Гундров Герман Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проект зведення металевої вежі із врахуванням пульсаційної складової вітру у м. Запоріжжя the project for the construction of a metal tower taking into account the pulsation component of the wind in Zaporizhzhia

керівник проєкту (роботи) Левченко Наталія Михайлівна, д.н.з д.у. профсор,  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року №\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, аналітичне завдання, вихідні дані на проєктування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Економіка будівництва. 5. Охорона праці в будівництві .6. Науково-дослідний розділ

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

Слайди презентації, графічний матеріал 9-10 аркушів А1 розруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1. Архітектурно-будівельний розділ.	Кулік М. В. доцент		
2. Розрахунково-конструктивний розділ.	Кулік М. В. доцент		
3. Організаційно-технологічний розділ.	Кулік М. В. доцент		
4. Економіка будівництва.	Кулік М. В. доцент		
5. Охорона праці в будівництві.	Кулік М. В. доцент		
6. Науково-дослідний розділ	Кулік М. В. доцент		
Нормоконтролер	Кулік М. В. доцент		

7. Дата видачі завдання “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Архітектурно-будівельний розділ.	1 тиждень	Розділ 1
2	Розрахунково-конструктивний розділ	2–4 тижні	Розділ 2
3	Організаційно-технологічний розділ.	5–6 тижні	Розділ 3
4	Економіка будівництва.	7–8 тижні	Розділ 4
5	Охорона праці в будівництві.	9-10 тиждень	Розділ 5
6	Оформлення графічної частини	11-13 тиждень	
7	Нормоконтроль та рецензування	14–15 тижні	
8	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_ Гундров Г.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ Левченко Н. М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг робіт.** Дипломний проект складається зі вступу, інженерних розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота є результатом комплексної розробки конструктивних рішень, технічних розрахунків та технологічного обґрунтування монтажу металевої зв'язкової вежі.

Розділ 1. Архітектурно-будівельний – наведено вихідні дані, функціональне призначення вежі, умови експлуатації, кліматичні та вітрові впливи, опис конструктивної схеми та розташування обладнання. Розділ 2. Розрахунково-конструктивний – проведено розрахунок елементів вежі (стійок, ригелів, діагональних зв'язків, вузлів і фундаментів), перевірку міцності, стійкості та деформацій, оптимізацію перерізів для економії матеріалу. Розділ 3. Організаційно-технологічний – описано послідовність монтажу, необхідні ресурси та техніку, розроблено будівельний генеральний план майданчика та розраховано тимчасові споруди й інженерні мережі. Розділ 4. Економіка будівництва – наведено локальний кошторис, визначено вартість матеріалів, виготовлення та монтажу, проведено економічне порівняння конструктивних рішень. Розділ 5. Охорона праці – розглянуто заходи безпеки під час монтажу та роботи на висоті, використання засобів індивідуального захисту, попередження небезпечних ситуацій. Розділ 6. Науково-дослідний – виконано аналіз ефективності різних профілів елементів, обґрунтовано використання круглих труб, показано можливість зменшення маси конструкції без втрати міцності та жорсткості.

**Актуальність теми.** Металева зв'язкова вежа є ключовим елементом телекомунікаційної інфраструктури, забезпечує надійний мобільний, радіо- та інтернет-зв'язок, відрізняється високою просторовою жорсткістю, стійкістю до вітрових і динамічних навантажень, економічністю матеріалів і технологічністю монтажу.

**Ключові слова:** металева вежа, зв'язок, міцність, стійкість, сталеві конструкції, оптимізація, монтаж.

## ABSTRACT

**Structure and scope of work.** The diploma project consists of an introduction, engineering sections, conclusions and a list of sources used. The work is the result of a comprehensive development of design solutions, technical calculations and technological justification for the installation of a metal communication tower.

Section 1. Architectural and construction - the initial data, the functional purpose of the tower, operating conditions, climatic and wind influences, a description of the structural scheme and the location of the equipment are given. Section 2. Calculation and construction - the calculation of the tower elements (racks, crossbars, diagonal ties, nodes and foundations) is carried out, strength, stability and deformations are checked, cross-sections are optimized to save material. Section 3. Organizational and technological - the installation sequence is described, the necessary resources and equipment are described, a construction master plan of the site is developed and temporary structures and engineering networks are calculated. Section 4. Construction economics – a local estimate is provided, the cost of materials, manufacturing and installation is determined, an economic comparison of design solutions is carried out. Section 5. Labor protection – safety measures during installation and work at height, the use of personal protective equipment, the prevention of dangerous situations are considered. Section 6. Research – an analysis of the effectiveness of various element profiles is performed, the use of round pipes is justified, the possibility of reducing the mass of the structure without loss of strength and rigidity is shown. Relevance of the topic. A metal communication tower is a key element of the telecommunications infrastructure, provides reliable mobile, radio and Internet communications, is characterized by high spatial rigidity, resistance to wind and dynamic loads, material economy and installation manufacturability.

**Keywords:** metal tower, communication, strength, stability, steel structures, optimization, installation

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....	10
1.1 Загальні дані об'єкту будівництва.....	10
1.2. Конструктивні рішення будівництва .....	11
1.3 Металоконструкції антенної опори .....	11
1.3 Фундаменти антенної опори.....	12
1.4 Облаштування майданчика.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ .....	14
2.1 Розрахунок та конструювання.....	14
2.2 Навантаження та впливи .....	17
2.3 Опис розрахункової моделі та конструкцій .....	18
2.4 Загальний опис навантажень .....	18
2.5 Комбінації навантажень .....	19
2.6 Вітрове навантаження .....	20
2.7 Перевірка міцності та стійкості елементів вежі .....	24
2.8 Снігове навантаження .....	25
2.8 Статичний розрахунок.....	27
2.9 Аналіз статичного розрахунків .....	30
2.10 Перевірка міцності та стійкості елементів вежі .....	36
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Загальна інформація щодо організації будівництва.....	38
3.2 Перелік основних робіт при будівництві .....	40
3.3 Вибір крану для монтування башти.....	43
3.4 Розробка календарного плану-графіку .....	45

3.5	Проектування будівельного генплану .....	46
3.5.1	Визначення потреби в тимчасових будівель.....	48
3.5	Техніко-економічні показники будгенплану .....	50
3.6	Розрахунок електропостачання будівельного майданчику .....	51
3.7	Потреба у водопостачанні на будівельному майданчику.....	53
3.8	Загальні положення .....	54
3.9	Роботи з влаштування скріпленої теплоізоляції рекомендується виконувати з риштувань, захищених сіткою, з риштування або самопідйомних колісок.....	56
3.10	Область застосування.....	56
3.11	Конструктивні рішення монтування опорної секції башти.....	58
3.12	Поетапне виконання робіт. ....	59
3.13	Устаткування та інструменти для монтажу .....	62
3.14	Захист від корозії та додаткові обробки металу .....	64
3.15	Перевірка точності геометрії конструкції. ....	66
3.16	Остаточний контроль якості та введення в експлуатацію.....	69
3.17	Безпека та охорона праці.....	71
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....		72
4.1	Техніко-економічні показники .....	72
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ .....		73
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ .....		85
6.1	Дослідження металевої вежі на нетипові навантаження.....	85
6.1.1	Традиційні підходи до врахування пульсаційної складової .....	85
6.1.2	Чисельне моделювання турбулентних пульсацій вітру.....	86
6.1.3	Гібридні методи та експериментальна валідація.....	89

Висновки.....	91
6.2 Аналіз статичного розрахунків .....	94
6.3 Перевірка міцності та стійкості елементів вежи .....	100
6.4 Дослідження вибору більш економічних конструктивних рішень та профілів елементів.....	102
6.4.1. Аналіз можливих конструктивних рішень.....	103
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	110

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується активним впровадженням новітніх технологій та інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності, надійності та безпеки споруд. Особливе місце серед таких об'єктів займають інженерні споруди спеціального призначення, зокрема башти зв'язку, які відіграють важливу роль у забезпеченні стабільної роботи телекомунікаційної інфраструктури та розвитку цифрової економіки держави.

Організація будівництва башти зв'язку вимагає ретельного підходу до проектування, планування та виконання будівельно-монтажних робіт з урахуванням технічних, технологічних і безпекових аспектів. Ефективна реалізація проекту можлива лише за умови дотримання чинних нормативних документів, які регламентують організацію будівельного виробництва, охорону праці, промислову безпеку та пожежну безпеку. Організація зведення металеві вежі як розділ проекту ПВР відповідно з вимогами наступних нормативних документів: ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»; ДБН В.1.2-2: 2006 «Навантаження та впливи»; ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних та залізобетонних конструкцій від корозії»; ДСТУ ISO 12944-4:2019 «Фарби та лаки, Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами, Частина 4, Типи поверхні та її готування»; ДСТУ ISO 12944-4:2019 «Фарби та лаки, Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами, Частина 5, Захисні лакофарбові системи».

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

### 1.1 Загальні дані об'єкту будівництва

Проектуєма башта знаходиться близ міста Запоріжжя. Об'єкт створюється з метою подальшого розміщення на ньому телекомунікаційного обладнання.

Проектована металева конструкція розрахована для встановлення наступного

обладнання:

- 3 антени діапазону 900 МГц;
- 3 антени діапазону 1800/2100 МГц;
- 3 антени діапазону 2600 МГц;
- 12 радіомодулів;
- 4 радіорелейні антени MW Ø0,3м.

Термін експлуатації  $T_{ef} = 40$  років.

Снігове навантаження  $-550$  Па - 3 сніговий район. Напрямок переважаючих вітрів влітку та взимку – Сх. Вітрове навантаження - 4 район – 1400 Па. Кількість опадів на рік - 400 мм.

Нормативне промерзання ґрунту – 0,90м.

У місті будівництва ґрунти льосовидні, які відносяться до I типу ґрунтових умов по осіданню, які дають просадочні деформації під власною вагою тому перед влаштуванням фундаментів виконується ущільнення ґрунту важкими трамбовками. невеликими спорудами, будинками і деревами).

Вихідні дані для побудови «рози вітрів».

Таблиця 1.1 - Повторність напрямку повітря

Місто Запоріжжя	Повторність напрямку повітря %							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдС	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Січень	13,0	6,3	9,5	10,6	16,0	10,0	16,8	17,8
Липень	20,2	9,4	8,6	7,3	9,1	5,0	15,7	24,7

## 1.2. Конструктивні рішення будівництва

У відповідності з завданням на проектування та результатами обстеження проектом передбачається:

- планування майданчику будівництва 8х9м;
- влаштування фундаменту під металеву вежу Н=42м;
- встановлення металеві вежі Н=42м;
- прокладання кабельросту по вежі;
- влаштування трьох блоків Б1 1200х600х200(н),мм під перспективне обладнання іншого оператора;
- влаштування двох блоків Б2 1500х600х400(н),мм під перспективну кліматичну шафу 20U;
- встановити проект. розвантажувальну раму під перспективне обладнання іншого оператора;
- монтаж металеві огорожі.
- підготовка майданчика до установки обладнання.

## 1.3 Металоконструкції антенної опори

В проекті металоконструкцій вежі використано секції із типового проекту «Вежі стільникового зв'язку. Вежа висотою 42м. Третій вітровий район.

Конструктивно вежа складається з 2-х частин:

- нижньої (від 0,000 до позначки +33,070 м), яку запроектовано у вигляді решітчастої чотиригранної зрізаної піраміди з нахилом пояса в площині граней близьким 1/31;

- верхньої (від позначки +33,070 м до позначки +42,270 м) виконано у вигляді

чотиригранної призми.

Конструктивні рішення нижньої частини вежі

Нижня частина вежі складається з 6-ти блоків. Блоки між собою з'єднуються за допомогою монтажних стиків поясів на болтах класу міцності 5.8 з накладками.

Решітку в нижньому блоці виконано напіврозкісною трикутною, в інших блоках - розкісною.

Пояси та решітку в блоках виконано із одиночних рівнополичкових кутиків, елементи діафрагм із одиночних кутиків або із кутиків з'єднаних навхрест. Вузлові кріплення елементів решітки виконані на болтах класу міцності 5.8.

Кріплення поясу до фундаменту - за допомогою анкерних шпильок та опорної плити.

Конструктивні рішення верхньої частини вежі.

Верхня частина вежі складається з 3-х блоків. Блоки між собою з'єднуються за допомогою фланцевих стиків на болтах класу міцності 5.8. Решітку виконано розкісною.

Пояси в блоках запроектовано з труб, решітку - із одиночних рівнополичних кутиків, елементи діафрагм із листової сталі. Кріплення елементів решітки виконано за допомогою електродугового зварювання.

Кріплення антен РРЛ, GSM, DCS та UMTS передбачено до поясів.

Для обслуговування вежі та технологічного обладнання всередині встановлено драбини з перехідними площадками.

### **1.3 Фундаменти антенної опори**

Фундамент виконано із монолітного залізобетону.

Нижню плиту в фундаменті виконано прямокутною розміром плити прийнято 6100 x 6100 мм висотою 600 мм.

На плиті розміщені чотири підколоники із монолітного залізобетону під кожним поясом вежі. Підколоники виконано прямокутними з розмірами 700 x 900 мм висотою 2300 мм.

Пояса вежі закріплено до фундаментів за допомогою закладених деталей, кожна з яких складена із трьох анкерних болтів М42, об'єднаних між собою одним фланцем. Фундамент під драбину вежі представляє собою призму з розмірами в плані 600х200мм та висотою 1500мм.

#### 1.4 Облаштування майданчика

- Для облаштування майданчика, після улаштування фундаменту під вежу та засипки котловану, необхідно виконати наступний обсяг робіт:
  - Влаштувати два заземлюючі пристрої: контур робоче-захисного заземлення та контур блискавкозахисного заземлення.
  - Влаштування трьох блоків Б1 1200х600х200(н),мм під перспективне обладнання іншого оператора.
  - Влаштування двох блоків Б2 1500х600х400(н),мм під перспективну кліматичну шафу 20U.
  - В землі, на глибині 500мм, від перспективних технологічної шаф outdoor (3шт.) до ЩО на огорожі прокласти ПВХ труби для прокладки кабеля живлення.
  - На втрамбований ґрунт зворотної засипки насипати зверху щебню фракції 5-20мм, товщина шару не менше 150мм з ухилом не менше 3° від центру майданчика до його країв.
  - Територію майданчика закрити огорожею. Огорожа розміром 8,0х9,0м

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

### 2.1 Розрахунок та конструювання

Сталева вежа, висотою  $H=42,27$  м, являє собою просторову решітчасту споруду. Стовбур вежі запроєктований у вигляді зрізаної решітчастої піраміди, з розмірами при основі –  $3000 \times 3000$  мм, та у верхній частині –  $960 \times 960$  мм.

Грані вежі являють собою плоскі ферми з розкосною решіткою. Стовбур вежі складається з дев'яти секцій:

– перша секція вежі С1 (відм. з  $+0,000$  по  $+3,000$ ) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика  $140 \times 10$  м, розпірки – зі кутика  $70 \times 5$  мм, розкоси – зі кутика  $70 \times 5$ . На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика  $70 \times 5$ . З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 14 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає  $2,0$  м;

– друга секція вежі С2 (відм. з  $+3,000$  по  $+9,000$ ) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика  $125 \times 10$  м, розпірки – зі кутика  $80 \times 6$  та нижній пояс із кутика  $90 \times 6$  мм, розкоси – зі кутика  $70 \times 5$ . На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика  $63 \times 5$ . З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає  $6,0$  м;

– третя секція вежі С3 (відм. з  $+9,000$  по  $+15,000$ ) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика  $125 \times 10$  м, розпірки – зі кутика  $70 \times 5$ , розкоси – зі кутика  $75 \times 5$ . На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика  $63 \times 5$ . З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені

фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– четверта секція вежі С4 (відм. з +15,000 по +21,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 100x8 м, розпірки – зі кутика 70x5, розкоси – зі кутика 80x6. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– п'ята секція вежі С5 (відм. з +21,000 по +27,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 90x8 м, розпірки – зі кутика 63x5, розкоси – зі кутика 75x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– шоста секція вежі С6 (відм. з +27,000 по +33,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 90x6 м, розпірки – зі кутика 63x5, розкоси – зі кутика 70x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– сьома та восьма секції вежі С7-С8 (відм. з +33,000 по +38,400) – призматична, пояси виконані зі із труби Ø76x4 мм, розпірки – зі кутика 50x4, розкоси – зі кутика 50x4. У нижній та верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 3 шт. на пояс). З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою зварювання. Висота секції складає 2,7 м;

– дев'ята секція вежі С9 (відм. з +38,400 по +42,200) – призматична, пояси виконані зі труби  $\text{Ø}76 \times 4$  мм, розпірки – зі кутика  $50 \times 4$  та метало стрічки  $40 \times 4$ , розкоси – зі кутика  $50 \times 4$ . У нижній та верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 3 шт. на пояс). З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою зварювання. Висота секції складає 3,8 м;

Для захисту від корозії металеві конструкції вежі покриті антикорозійним лакофарбовим покриттям. Кольори фарбування нанесені у відповідності з вимогами до денного маркування висотних споруд. У верхній частині вежі встановлені блискавко приймачі, виготовлені з круглої сталі. Світло огороження на вежі відсутнє.

Пояси в блоках запроектовано з труб, решітку - із одиночних рівнополичних кутиків, елементи діафрагм із листової сталі. Кріплення елементів решітки виконано за допомогою електродугового зварювання.

Кріплення антен РРЛ, GSM, DCS та UMTS передбачено до поясів.

Для обслуговування вежі та технологічного обладнання всередині встановлено драбини з перехідними площадками

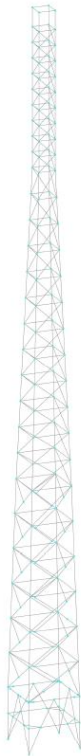


Рисунок – 2.1 Розрахункова схема вежі

Технологічне обладнання обладнання яке буде встановлено на башту наведено в таблиці 2

## 2.2 Навантаження та впливи

Таблиця 2. Технологічні навантаження

Тип навантаження	Кіл, шт,	Розмір (ВхШхГ), мм	Вага (1 шт,), кг	Вага (заг,), кг	Площа (1 шт,), м <sup>2</sup>	Площа (заг,), м <sup>2</sup>	Висота підвісу, м
Обладнання							
ATR4518R6v06 (проект.)	3	1999x349x166	29,1	87,3	0,69	2,07	41,0
R8854E S1800 (проект.)	3	415x296x145	20,0	60,0	0,12	0,36	39,0
R8852E 9000 (існ.)	3	415x296x104	16,0	48,0	0,12	0,36	38,0
Анетена РРЛ	1	0,6 ∅	20	20	0,28	0,28	34,0
Всього:			-	215,3	-	3,07	-
Обслуговування							
Навантаження від ваги людини під час обслуговування	чол,	-	100,0	100,0	1,5	1,5	41,0

Конструкції розраховані для наступних умов:

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», м. Запоріжжя знаходиться у південно-східному кліматичному районі (район – ІІ).

Середня температура за рік становить +8,7°C, абсолютний мінімум температури повітря для даного кліматичного району знаходиться в межах від -32°C до -42°C, абсолютний максимум температури повітря для даного кліматичного району знаходиться в межах від +39°C до +41°C.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», територія майданчика відноситься:

– характеристичне значення снігового покриву прийнято для 3-го снігового району за картами районування території (1200 Па);

- характеристичне значення вітрового тиску прийнято для 3-го вітрового району за картами районування території (500 Па);
- характеристичне значення товщини стінки ожеледі прийнято для 3-го ожеледного району за картами районування території (19 мм);
- характеристичне значення вітрового тиску при ожеледі прийнято для 4-го ожеледно-вітрового району за картами районування території (250 Па);
- тип місцевості – II (сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами).

### **2.3 Опис розрахункової моделі та конструкцій**

Розрахункова схема опори складена у вигляді просторової стрижневої системи з вантовими елементами відтяжок з урахуванням всіх елементів поясів, розкосів та розпірок.

### **2.4 Загальний опис навантажень**

Для розрахунку просторової стрижневої системи враховано наступні навантаження:

1. Власна вага опори;
2. Вага технологічного обладнання;
3. Вітрові навантаження на конструкції та технологічне обладнання з урахуванням коефіцієнта динамічності;
4. Ожеледно-вітрові навантаження на конструкції та технологічне обладнання з урахуванням коефіцієнта динамічності.

При розрахунку було сформовано наступні задачі:

1. Розрахунок у лінійній постановці – сукупність завантаження від власної ваги опори та технологічного обладнання і завантаження від дії вітру у напрямках на ребро та грань вежі (найбільш не вигідні варіанти завантаження) з урахуванням коефіцієнту динамічності;



Визначення зусиль у башті															
1	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
2	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
3	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
4	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
6	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Примітки: + - навантаження входить до сполучення;

- - навантаження не входить до сполучення.

## 2.6 Вітрове навантаження

Вітрове навантаження на елементи оцінюється відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» та ДБН В.2.6-98:2009. Для сталевих просторових решітчастих конструкцій, до яких належить запроєктована вежа зв'язку висотою 42,27 м, дія вітру є одним із визначальних факторів при розрахунку несучої здатності та забезпеченні просторової стійкості.

Оскільки башта має форму зрізаної піраміди та складається з дев'яти секцій різних перерізів, величина вітрового тиску змінюється по висоті відповідно до нормативного коефіцієнта, що враховує зміну швидкості вітру із збільшенням відмітки. Вітрове навантаження розглядається як просторовий вплив, який передається на пояси, розкоси, розпірки та діафрагми жорсткості кожної секції. Дія вітру спричиняє виникнення згинальних моментів, поперечних сил та горизонтальних переміщень стовбура вежі.

Для решітчастих конструкцій застосовується коефіцієнт аеродинамічної прозорості, який враховує зменшення тиску вітру внаслідок відкритої структури ферм. Відповідно до ДБН, прозорі конструкції з відношенням площі суцільних елементів до загальної проекції менше 30% вважаються решітчастими, тому базовий вітровий тиск зменшується коригувальним коефіцієнтом. У випадку даної вежі прозорість конструкції становить понад нормативний мінімум, що дозволяє враховувати зниження навантаження порівняно з плоскими та суцільними елементами.

Розрахункове вітрове навантаження визначається як добуток нормативного вітрового тиску на коефіцієнти:

- просторової форми конструкції;
- аеродинамічної прозорості решітки;
- зміни тиску по висоті;
- пульсаційної складової (динамічної);
- надійності за призначенням.

Враховуючи висоту вежі 42,27 м, вітровий тиск у верхній частині є більшим, ніж біля основи, тому навантаження прикладається до кожної секції окремо з урахуванням її геометричних характеристик, відмітки та типу елементів (кутники, труби, розкоси, розпірки). Пульсаційна складова може суттєво впливати на роботу конструкції, оскільки решітчасті вежі є гнучкими та схильними до коливань.

Отримані значення горизонтальних вітрових навантажень використовуються для визначення внутрішніх зусиль у поясах та розкосах, побудови епюр моментів і поперечних сил, а також для аналізу загальної просторової стійкості башти. Розрахунок забезпечує працездатність та безпеку конструкції в умовах нормативних вітрових впливів, характерних для кліматичного району розташування об'єкта.

Вітрове навантаження на башту визначається відповідно до ДБН В.1.2-2:2014 «Навантаження та впливи» за формулою 9.1. Для кожного елемента конструкції розрахунок виконується окремо для граней та ребер, оскільки вони мають різні аеродинамічні властивості. Розрахунок включає врахування коефіцієнта висоти, аеродинамічного коефіцієнта  $C$ , базового значення вітрового навантаження  $w_0$ , коефіцієнта надійності  $\gamma_f$  та коефіцієнтів місцевих умов  $c_s$  і  $c_d$ .

Вітрове навантаження на грань решітчастої конструкції визначається за формулою:

$$W_{\text{face}} = \gamma_f \cdot w_0 \cdot k(z) \cdot c_{e,\text{face}}$$

де  $W_{face}$  – розрахункове навантаження на  $1 \text{ м}^2$  грані, Па;  $\gamma_f = 1,14$  – коефіцієнт надійності;  $w_0 = 500 \text{ Па}$  – базове вітрове навантаження по регіональній карті;  $k(z)$  – коефіцієнт висоти, визначений за формулою 2.26 ДБН;  $c_{e,face}$  – аеродинамічний коефіцієнт для плоскої грані (згідно таблиці 9.2 ДБН, для граней решітчастих ферм  $c_{e,face} = 0,7-1,2$ ). Для кожної секції башти коефіцієнт висоти  $k(z)$  визначається як середнє значення по висоті секції..

Розрахунок вітрового навантаження на ребро конструкції виконується аналогічно, проте використовується інший аеродинамічний коефіцієнт:

$$W_{edge} = \gamma_f \cdot w_0 \cdot k(z) \cdot c_{e,edge}$$

де  $W_{edge}$  – розрахункове навантаження на  $1 \text{ м}$  довжини ребра, Па;  $c_{e,edge}$  – аеродинамічний коефіцієнт для ребра (згідно таблиці 9.2 ДБН, для ребер решітчастих ферм  $c_{e,edge} = 0,6-0,8$ ). Цей коефіцієнт враховує меншу площу, що піддається впливу вітру, та обтікання повітрям.

Для дев'яти секцій вежі були визначені середні значення коефіцієнта висоти  $k(z)$  та аеродинамічного коефіцієнта для граней та ребер. Результати розрахунку для граней наведені у таблиці:

Таблиця 2.3– Визначення вітрового тиску на ребро башти

Секція	Висота секції, м	k(z)	c <sub>e,face</sub>	Навітряний бік	
				W <sub>face</sub> , Па	W <sub>face</sub> , Па
C1	0–3	0,60	1,2	414	-414
C2	3–9	0,70	1,2	483	-483
C3	9–15	1,00	1,2	690	-690
C4	15–21	1,20	1,2	828	-828
C5	21–27	1,30	1,2	897	-897
C6	27–33	1,30	1,2	897	-897
C7	33–36,2	1,20	0,7	485	-485
C8	36,2–38,4	1,20	0,7	485	-485

іа	Секц та секції, м	Висо z)	k( се	с <sub>е</sub> fa	Навітрян	
					ий бік W <sub>face</sub> , Па	Підвітрян ий бік W <sub>face</sub> , Па
	С9	38,4–42,27	1,20	0,7	485	-485

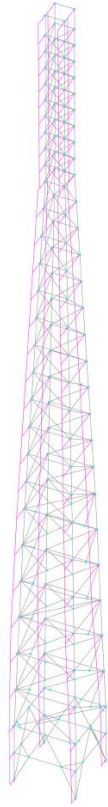


Рисунок 2.1 Схема прикладання вітрового навантаження на грань башти  
Для ребер конструкції результати розрахунку наведені у таблиці:2,4

Таблиця 2.2– Визначення вітрового тиску на грань башти

іа	Секц та секції, м	Висо z)	k( ge	с <sub>е</sub> ed	Навітрян	
					ий бік Wedge, Па	Підвітрян ий бік Wedge, Па
	С1	0–3	0,60	0,8	276	-276
	С2	3–9	0,70	0,8	322	-322
	С3	9–15	1,00	0,8	460	-460
	С4	15–21	1,20	0,8	552	-552
	С5	21–27	1,30	0,8	598	-598
	С6	27–33	1,30	0,8	598	-598

ія	Секц та секції, м	Висо z)	k( ge	c <sub>ed</sub>	Навітрян ий бік Wedge, Па	Підвітрян ий бік Wedge, Па
C7	33–36,2	1,20	0,6	416	416	-416
C8	36,2–38,4	1,20	0,6	416	416	-416
C9	38,4–42,27	1,20	0,6	416	416	-416

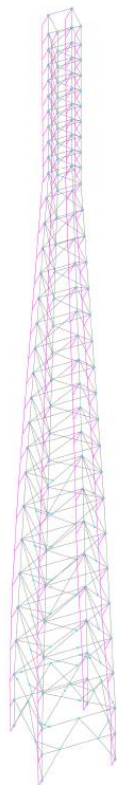


Рисунок 2.2 Схема прикладання вітрового навантаження на ребро башти

## 2.7 Перевірка міцності та стійкості елементів вежі

Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу при центральному стиску і при виконанні вимог [4] слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, значення якого при  $\bar{\lambda} > 0,4$  необхідно обчислювати за формулою

$$\varphi = \frac{0.5}{\bar{\lambda}^2} \cdot (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39\bar{\lambda}^2})$$

Значення коефіцієнта  $\delta$  слід обчислювати за формулою

$$\delta = 9.87(1 - \alpha + \beta\lambda) + \lambda$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  – коефіцієнти, що характеризують початкові неправильності форми та залишкові напруження і визначаються за [4] залежно від типу поперечного перерізу стрижня та типу кривої стійкості;  $\bar{\lambda}$  – умовна гнучкість стрижня, яка визначається за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

Значення коефіцієнтів  $\varphi$ , обчислені за формулою, слід приймати не більшими за  $7,6/\bar{\lambda}^2$  у випадку, коли  $\bar{\lambda} > 3.8$  для типу кривої стійкості а,  $\bar{\lambda} > 4.4$  і  $\bar{\lambda} > 5.8$  для типів кривої стійкості відповідно б і с.

При значеннях  $\bar{\lambda} < 0.4$  для всіх типів кривої стійкості допускається приймати  $\varphi = 1.0$

Розрахунок на міцність елементів суцільного перерізу при центральному розтягу слід виконувати за формулою:

## 2.8 Снігове навантаження

Снігове навантаження є одним із основних кліматичних впливів, які необхідно враховувати під час проектування сталевих башт зв'язку. Цей вид навантаження створює додаткові вертикальні зусилля, які передаються на опорні вузли та впливають на загальну стійкість конструкції. Розрахунок виконується відповідно до вимог ДБН В.1.2–2:2006 «Навантаження і впливи». Відповідно до карт районування території України, для району будівництва об'єкта прийнято такі характеристичні значення: сніговий район – III, характеристичне значення снігового тиску  $S_0 = 1200$  Па (1,2 кПа); тип місцевості – II.

Проектована вежа є ґратованою просторовою конструкцією, що складається з дев'яти секцій (С1–С9). Нижні секції (С1–С6) мають пірамідальну форму з поясовими елементами з кутників та розвиненою системою діафрагм жорсткості. Верхні секції (С7–С9) виконані у вигляді призматичної трубоґратованої частини з мінімальною площею горизонтальних поверхонь. Тому сніг на таких конструкціях практично не накопичується, на відміну від суцільностінних споруд.

#### Вихідні теоретичні положення

Снігове навантаження на конструкцію визначається як тиск, що діє на її горизонтальну проєкцію. Оскільки більшість елементів вежі є вертикальними або похилими, а решітка пропускає сніг, його фактичне накопичення на конструкції незначне. Для врахування реальної кількості снігу застосовують коефіцієнт форми  $\mu$ , який залежить від кута нахилу елементів і їх здатності утримувати сніговий покрив. Згідно з нормами, для відкритих металевих ґратованих веж коефіцієнт форми приймається у межах:

- для вертикальних і похилих елементів – 0,2–0,3;
- для горизонтальних фланців, діафрагм і площадок – 0,8–1,0.

Оскільки вежа містить мінімальну кількість горизонтальних елементів, для загального розрахунку можна прийняти  $\mu = 0,3$  як усереднене значення.

#### Нормативне та розрахункове значення снігового навантаження

Розрахунок виконується за формулою:

$$S = \gamma_f \cdot \mu \cdot S_0,$$

де  $\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням;  $\mu$  – коефіцієнт форми;  $S_0$  – характеристичне значення снігового покриву.

Коефіцієнт надійності  $\gamma_f$  для снігового навантаження згідно з ДБН становить 1,4. Характеристичне значення снігового навантаження для III району –  $S_0 = 1,2$  кПа.

Спочатку визначається нормативне значення навантаження:

$$S_n = \mu \cdot S_0 = 0,3 \cdot 1,2 = 0,36 \text{ кПа.}$$

Після цього обчислюється розрахункове значення:  
 $S = \gamma_f \cdot S_n = 1,4 \cdot 0,36 = 0,50 \text{ кПа.}$

Отже, розрахунковий тиск снігового навантаження для проектованої вежі становить 0,50 кПа.

Оцінка можливого впливу снігового навантаження на конструкцію вежі

У конструкції башти, яка складається з елементів з кутників та труб, сніг може накопичуватися лише на окремих вузлових та стикових елементах, а також на діафрагмах жорсткості секцій С1–С6. Площі, що можуть утримувати сніг, є обмеженими і зазвичай становлять близько 1–3 % від загальної горизонтальної проекції конструкції. Основними елементами, до яких прикладається снігове навантаження, є:

- горизонтальні фланці секцій;
- діафрагми жорсткості в секціях С1–С6;
- горизонтальні або малофасонні з'єднувальні елементи;
- площадки, технічні настили (за наявності).

Вертикальні пояси секцій (кутники 140×10, 125×10, 100×8, 90×8 та ін.) та похилі розкоси практично не утримують сніг, оскільки мають малий кут нахилу та гладку поверхню.

Загальна сила снігового навантаження, яка передається на фундамент і стійки, визначається за формулою:  
 $F_s = S \cdot A_h,$   
 де  $A_h$  – сумарна площа горизонтальної проекції елементів, на які може лягти сніг.

За оцінкою, для даної конструкції  $A_h$  є дуже малою, що робить вплив снігу незначним порівняно з іншими кліматичними навантаженнями.

## 2.8 Статичний розрахунок

Розрахунок металевої вежі зв'язку виконувався методом кінцевих елементів у програмному комплексі «СКАД Office». Програмне забезпечення

дозволяє моделювати просторову роботу конструкцій, формувати та поєднувати навантаження, визначати переміщення, напруження та зусилля в елементах конструктивної системи. Усі розрахунки виконувалися відповідно до вимог ДБН В.1.2–2:2006 «Навантаження і впливи» та ДБН В.2.6–163:2010.

У методі кінцевих елементів основними невідомими приймаються переміщення та кутові повороти вузлів просторової стрижневої системи. Для кожного вузла моделі вежі задано шість ступенів вільності:

- UX – лінійне переміщення вздовж осі X;
- UY – лінійне переміщення вздовж осі Y;
- UZ – лінійне переміщення вздовж осі Z;
- RX – кутовий поворот навколо осі X;
- RY – кутовий поворот навколо осі Y;
- RZ – кутовий поворот навколо осі Z.

Каркас вежі моделювався як стрижнева система із жорсткими вузловими з'єднаннями. Усі секції С1–С9 враховані з реальними геометричними характеристиками (кутники, труби, діафрагми жорсткості). З'єднання між секціями моделювалися як з'єднання, що передають усі шість ступенів жорсткості, відповідно до реальних болтових фланцевих стиків.

У розрахунковій моделі були сформовані окремі типи навантажень відповідно до таблиці комбінацій навантажень. Для кожного випадку задавались величини, напрямки та характер дії. Усі навантаження розраховувались за ДБН В.1.2–2:2006.

Перелік навантажень, врахованих у моделі:

Навантаження 1 – власна вага металевих конструкцій вежі. Визначається автоматично програмним комплексом «СКАД Office» на основі густини сталі та геометрії створених КЕ-елементів.

Навантаження 2 – власна вага встановленого обладнання (антени, виносні комплектуючі, кабелі).

Навантаження 3 – власна вага фундаментних елементів і жорсткого вузла стику «вежа–фундамент» (для передачі загальних зусиль).

Навантаження 4 – корисне довготривале навантаження (при необхідності – робочі площадки, обслуговуючі майданчики).

Навантаження 5 – додаткове тривале навантаження (експлуатаційні зусилля, додаткове обладнання).

Навантаження 6 – снігове навантаження. Прикладено до горизонтальних елементів вежі (діафрагми жорсткості секцій С1–С6, фланці стиків та інші елементи з можливістю утримання снігу). Розраховане для III снігового району України.

Навантаження 7 – вітрове навантаження, напрям уздовж осі Х. Вітер прикладається до всієї поверхні вежі з урахуванням її аеродинамічного коефіцієнта та коефіцієнта динамічності.

Навантаження 8 – вітрове навантаження, напрям уздовж осі Y. Аналогічно до навантаження 7, але діє перпендикулярно до попереднього напрямку.

Навантаження 9 – вага ожеледі на антени.

Навантаження 10 – вага ожеледі на стовбур вежі.

Навантаження 11 – вітрове навантаження при ожеледі (зменшене, відповідно до 4-го ожеледно-вітрового району).

Навантаження 12–15 – температурні впливи для різних температур середовища (нормальна, +5 °С, –5 °С, –40 °С).

Усі ці навантаження задавалися як окремі випадки, після чого в «СКАД Office» були сформовані комбінації навантажень відповідно до таблиці комбінацій (Таблиця 3). Для кожної комбінації враховувались необхідні коефіцієнти сполучуваності та надійності.

#### ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВЕЖІ В «СКАД Office»

1. Модель вежі побудована як просторово-стрижнева система з використанням кінцевих елементів типу «стержень».

2. Усі вузли нижньої частини (відмітка 0,000) були жорстко закріплені щодо всіх шести ступенів свободи.

3. Вплив жорсткості фланцевих з'єднань врахований через передачу повного набору зусиль між елементами.

4. Вплив додаткового обладнання (антени та ін.) був заданий як зосереджені маси та навантаження.

5. Перевірка взаємодії секцій С1–С9 виконувалась на основі напружено-деформованого стану за результатами обчислень.

#### ПІДСУМКИ РОЗРАХУНКУ

Передані зі «СКАД Office» результати включають:

- переміщення у вузлах  $UX, UY, UZ$ ;
- кутові повороти  $RX, RY, RZ$ ;
- внутрішні зусилля в елементах  $(N, M_x, M_y, Q_x, Q_y)$ ;
- еквівалентні напруження;
- стійкість стрижнів на поздовжній вигин;
- реакції опор.

Отримані дані були використані для подальшого підбору перерізів елементів вежі, оцінки роботи вузлових з'єднань та формування креслень металоконструкцій. Графічні результати та напружено-деформований стан були експортовані у модуль «Конструктор» для подальшого оформлення.

## 2.9 Аналіз статичного розрахунків

Результати розрахунків представлені на малюнках нижче.

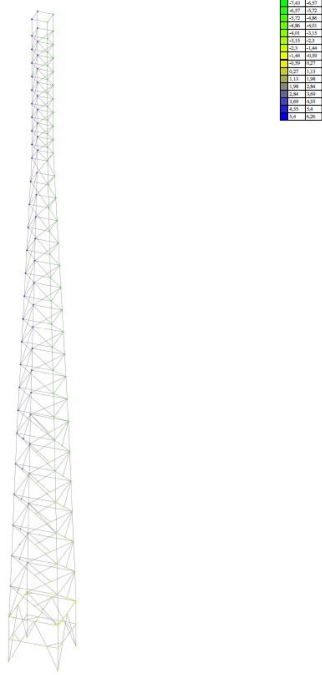


Рисунок 2.2 – Ізополя переміщень по осі Z

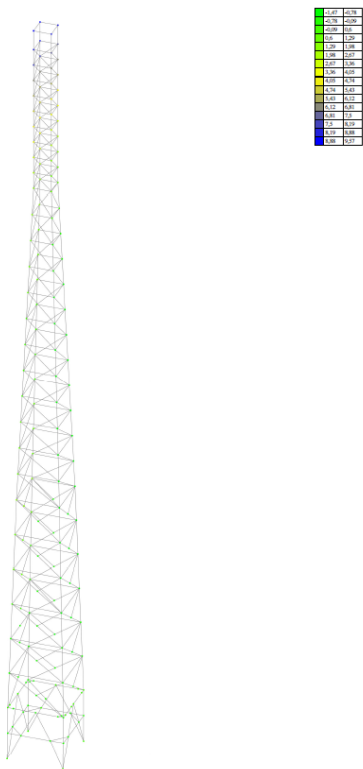


Рисунок 2.3 – Ізополя переміщень по осі Y

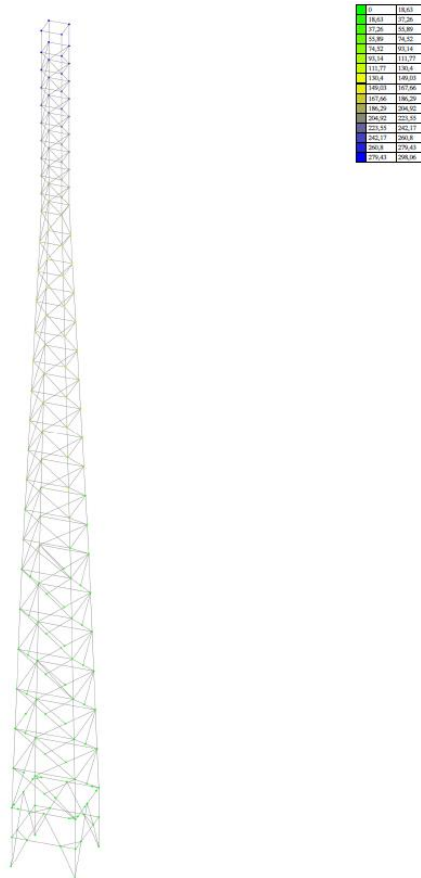


Рисунок 2.4 – Ізополя переміщень по осі X

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування», згідно п. 7 Горизонтальні граничні переміщення і прогини каркасних будівель.

Розрахунковий прогин вежі становить  $f = 110,5$  мм, що не перевищує величину, яка наведена у таблиці 20.2 [4]:

$$f/L = 110,5/42270 = 1/382 < 1/100$$

Де  $f$  розрахунковий прогин а  $L$  висота башти

Для розглядаємої будівлі дорівнює  $h = 30$  м.

Горизонтальні граничні переміщення задовольняють вимогам.

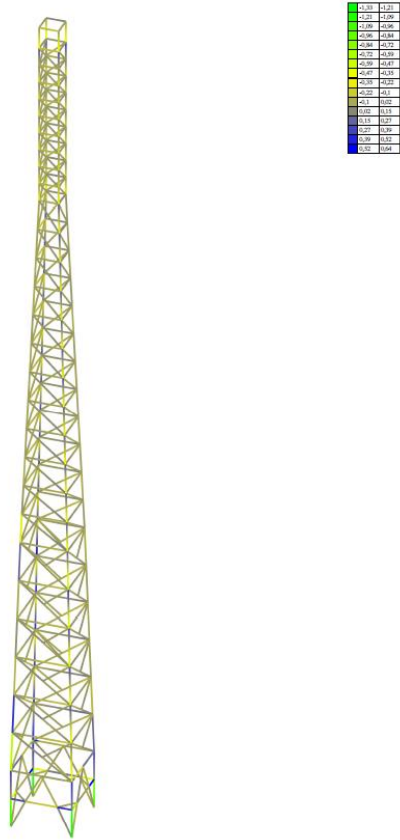


Рисунок 2.5 – Епюра Nx

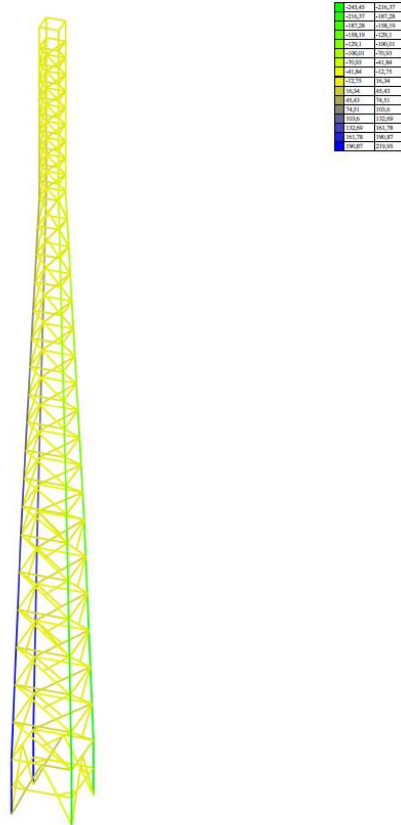


Рисунок 2.6 – Мозаїка Ny







поперечного перерізу стрижня та типу кривої стійкості;  $\bar{\lambda}$  – умовна гнучкість стрижня, яка визначається за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} \quad (2.4)$$

Значення коефіцієнтів  $\varphi$ , обчислені за формулою, слід приймати не більшими за  $7,6/\bar{\lambda}^2$  у випадку, коли  $\bar{\lambda} > 3.8$  для типу кривої стійкості а,  $\bar{\lambda} > 4.4$  і  $\bar{\lambda} > 5.8$  для типів кривої стійкості відповідно b і c.

При значеннях  $\bar{\lambda} < 0.4$  для всіх типів кривої стійкості допускається приймати  $\varphi = 1.0$

Розрахунок на міцність елементів суцільного перерізу при центральному розтягу слід виконувати за формулою:

Вимоги ДБН В.2.6-198:2014 [4] по I групі граничних станів металевих конструкцій виконуються.

Результати розрахунків елементів вежи приведені в таблиці 4.

Таблиця 2,4. Результати розрахунків елементів вежи

Результати розрахунків елементів шогли																							
№	N, (кН)			Переріз	L, (см)	L <sub>св</sub> , (см)	Тип кривої стійкості	A, (см <sup>2</sup> )	I, (см)	μ	i, (см)	λ	Δ	φ	N/φA, (кН/см <sup>2</sup> )	N/A, (кН/см <sup>2</sup> )	σ <sub>с</sub>	R <sub>y</sub> σ <sub>с</sub> , (кН/см <sup>2</sup> )	R <sub>стиск</sub>	R <sub>розтяг</sub>	R <sub>св</sub>	R <sub>св</sub>	
	1	2	3																				4
Пояса																							
1	-184,02	150,01	кутник 140×10	150	150	а	27,33	2,83	1	150	53	1,752	200	400	0,862	7,82	5,5	1	22,5	22,5	0,347	0,24	0,27
2	-180,41	148,51	кутник 125×10	200	200	а	22,33	2,47	1	200	81	2,676	200	400	0,708	11,41	6,7	1	22,5	22,5	0,507	0,30	0,40
3	-14,8,04	123,09	кутник 125×10	200	200	а	22,33	2,47	1	200	81	2,676	200	400	0,708	9,37	5,5	1	22,5	22,5	0,446	0,24	0,40
4	-126,3	111,94	кутник 100×8	150	150	а	15,4	2	1	150	75	2,479	200	400	0,745	10,86	7,2	1	22,5	22,5	0,483	0,32	0,38
5	-112,58	103,23	кутник 90×8	150	150	а	13,93	1,79	1	150	64	2,769	200	400	0,689	11,72	7,4	1	22,5	22,5	0,521	0,33	0,42
6	-87,57	78,97	кутник 90×6	150	150	а	10,61	1,86	1	150	63	2,730	200	400	0,697	11,84	7,4	1	22,5	22,5	0,526	0,33	0,41
7	-60,32	54,02	трауба 76×4	90	90	а	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	7,16	6,0	1	22,5	22,5	0,718	0,27	0,18
8	-36,36	30,60	трауба 76×4	90	90	а	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	4,32	3,4	1	22,5	22,5	0,192	0,15	0,18
9	-21,79	16,50	трауба 76×4	90	90	а	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	2,59	1,8	1	22,5	22,5	0,115	0,08	0,18
Розкоти																							
1	-12,61	12,61	кутник 80×6	138	138	а	9,38	1,6	1	138	86	2,850	200	400	0,673	2,00	1,3	1	22,5	22,5	0,089	0,06	0,43
2	-7,9	7,9	кутник 75×5	157	157	а	7,39	1,54	1	157	104	3,427	200	400	0,557	1,92	1,1	1	22,5	22,5	0,085	0,05	0,52
3	-7,54	7,54	кутник 70×5	139	139	а	6,86	1,407	1	139	99	3,265	200	400	0,589	1,87	1,1	1	22,5	22,5	0,083	0,05	0,48
4	-5,92	5,92	кутник 80×6	234	234	а	9,38	1,6	1	234	146	4,833	200	400	0,337	1,87	0,6	1	22,5	22,5	0,083	0,03	0,73
5	-4,86	4,86	кутник 75×5	222	222	а	7,39	1,54	1	222	147	4,846	200	400	0,336	1,94	0,7	1	22,5	22,5	0,087	0,03	0,73
6	-4,67	4,67	кутник 75×5	195	195	а	7,39	1,54	1	195	129	4,257	200	400	0,419	1,53	0,6	1	22,5	22,5	0,068	0,03	0,64
7	-4,52	4,52	кутник 50×4	111	111	а	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	2,27	1,2	1	22,5	22,5	0,101	0,05	0,56
8	-5,9	5,9	кутник 50×4	111	111	а	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	2,97	1,5	1	22,5	22,5	0,12	0,07	0,56
9	-4,03	4,03	кутник 50×4	111	111	а	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	2,03	1,0	1	22,5	22,5	0,090	0,05	0,56
Розлітки																							
1	-10,12	10,12	кутник 70×5	151	151	а	6,86	1,407	0,9	156	97	3,192	200	400	0,604	2,44	1,5	1	22,5	22,5	0,109	0,07	0,48
2	-5,17	5,17	кутник 50×6	272	272	а	10,61	1,86	0,9	245	135	4,455	200	400	0,385	1,27	0,5	1	22,5	22,5	0,056	0,02	0,67
3	-4,83	4,83	кутник 70×5	233	233	а	6,86	1,407	0,9	210	149	4,926	200	400	0,327	2,15	0,7	1	22,5	22,5	0,096	0,03	0,75
4	-4,16	4,16	кутник 70×5	197	197	а	6,86	1,407	0,9	177	126	4,165	200	400	0,427	1,42	0,6	1	22,5	22,5	0,063	0,03	0,63
5	-3,71	3,71	кутник 63×5	159	159	а	6,19	1,261	0,9	143	119	3,750	200	400	0,496	1,22	0,6	1	22,5	22,5	0,054	0,03	0,57
6	-3,24	3,24	кутник 63×5	159	159	а	6,19	1,261	0,9	143	119	3,750	200	400	0,496	1,07	0,5	1	22,5	22,5	0,047	0,02	0,57
7	-3,88	3,88	кутник 50×4	96	96	а	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	1,48	1,0	1	22,5	22,5	0,066	0,04	0,42
8	-5,02	5,02	кутник 50×4	96	96	а	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	1,92	1,3	1	22,5	22,5	0,085	0,06	0,42
9	-4,87	4,87	кутник 50×4	96	96	а	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	1,86	1,3	1	22,5	22,5	0,083	0,06	0,42

Вимоги ДБН В.2.6-198:2014 [4] по I групі граничних станів металевих конструкцій **виконуються.**

<i>Таблиця перевірки фланцевих болтів</i>									
<i>№</i>	<i>Тип з'єднання</i>	<i>Найменування елемента</i>	<i>Площа поперечного перерізу болта <math>A_{b1}</math>, <math>A_b</math> (см<sup>2</sup>)</i>	<i>Розрахункове зусилля <math>N</math>, (кН)</i>	<i>К-сть болтів, (шт.)</i>	<i>Граничне зусилля <math>N_{bt}</math>, (кН)</i>	<i>Клас міцності</i>	<i><math>R_{bt}</math>, (кН/см<sup>2</sup>)</i>	<i>Коеф. викорис тання</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
2	фланцеве	Болт М42	11,2	150,01	3	756,00	5,6	22,5	0,198
3	фланцеве	Болт М20	3,14	180,41	14	989,10	5,8	22,5	0,182
4	фланцеве	Болт М20	3,14	148,04	12	847,80	5,8	22,5	0,175
5	фланцеве	Болт М16	2,01	126,3	12	542,70	5,8	22,5	0,233
6	фланцеве	Болт М16	2,01	112,58	12	542,70	5,8	22,5	0,207
7	фланцеве	Болт М16	1,57	54,02	12	423,90	5,8	22,5	0,127
8	фланцеве	Болт М16	1,57	30,60	3	105,98	5,8	22,5	0,289
10	фланцеве	Болт М16	1,57	16,5	3	105,98	5,8	22,5	0,156

- напруження у поясах **не перевищують** граничних значень;
- напруження у розпірках **не перевищують** граничних;
- напруження у розкосах **не перевищують**;
- несуча здатність болтових з'єднань **забезпечена**
- несуча здатність з'єднань зварних швів **забезпечена**

## **РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Загальна інформація щодо організації будівництва**

У розділі «Технологія і організація будівництва» розробляється комплекс організаційно-технологічної документації, необхідної для ефективного, безпечного та безперебійного виконання робіт зі спорудження башти зв'язку висотою 42,7 м. Зокрема формується календарний план будівництва, який визначає раціональну послідовність виконання всіх етапів: підготовчих заходів на майданчику, влаштування тимчасових комунікацій, облаштування фундаменту башти, приймання і складування секцій металоконструкцій, монтажу башти методом поетапного підйому, встановлення антенно-фідерного обладнання, монтажу заземлювальної системи, проведення пусконаладжувальних робіт та фінального технічного огляду споруди. План встановлює тривалість кожного процесу, чисельність задіяних працівників, потребу в обладнанні, вантажопідйомних механізмах та транспортних засобах.

Будівельний генплан відображає організацію будівельного майданчика з урахуванням вимог безпеки та раціонального використання території. На генплані вказуються зони складування металевих секцій башти, майданчики для роботи автокрана вантажопідйомністю 25–50 т, місця влаштування тимчасових доріг, розміщення побутових та адміністративних тимчасових будівель, ділянки для зберігання цементу, арматури, щебеню та інших матеріалів. Також відображається підключення до електропостачання, тимчасового водопроводу, схеми освітлення майданчика, розташування пожежного інвентарю, евакуаційних шляхів, межі небезпечних зон при роботі підйомної техніки та навантажувально-розвантажувальних робіт.

Технологічна карта включає опис прийнятої технології будівництва фундаменту та монтажу металоконструкцій башти. Документ визначає вимоги до підготовки робочих місць, порядок виконання земляних робіт, армування та бетонування фундаментної плити або ростверку, схеми стропування секцій башти, спеціальні заходи для запобігання деформаціям конструкцій під час підйому, методику контролю якості зварних швів, перевірку вертикальності споруди після кожного монтажного етапу, а також перелік необхідних машин, механізмів та інструментів. Окрема увага приділяється заходам охорони праці при роботі на висоті, використанню страхувальних систем, обмеженню доступу сторонніх осіб та організації безпечних маршрутів пересування техніки.

Характеристика об'єкта. Проектована споруда є гратчастою баштою зв'язку висотою 42,7 м, призначеною для встановлення антенно-фідерного обладнання. Площа забудови складає близько 35–50 м<sup>2</sup>, залежно від конструкції фундаменту та конфігурації опорних вузлів. Башта виготовляється із сталевих профільних елементів гарячого цинкування, що забезпечують підвищену корозійну стійкість протягом усього терміну експлуатації. Фундамент виконується із монолітного залізобетону з урахуванням геологічних характеристик ґрунтів та вітрового навантаження. Висотний монтаж виконується поетапно з контролем вертикальності та закріпленням

секцій болтовими з'єднаннями відповідно до вимог технічної документації. Тривалість будівництва об'єкта, включаючи підготовчі та завершальні роботи, становить орієнтовно 3–4 місяці, що відповідає нормативам ДСТУ Б А.3.1-22:2013 та погодженій технологічній послідовності.

Місцеві умови будівництва характеризуються можливістю доставки матеріалів автомобільним транспортом на середню відстань близько 5 км, що спрощує логістичну організацію будівельного процесу. Електропостачання майданчика передбачається здійснювати від існуючої трансформаторної підстанції через тимчасові електромережі, обладнані засобами захисту та обліку. Тимчасовий водопровід організовується шляхом підключення до діючих водопровідних мереж, що забезпечує потреби в технічній воді для бетонних робіт та господарсько-побутових потреб персоналу. Додатково враховуються кліматичні умови району будівництва, роза вітрів, рівень сейсмічності місцевості, особливості ґрунтових умов та сезонні фактори, які можуть впливати на хід будівельних робіт і технологію монтажу металевих конструкцій.

### **3.2 Перелік основних робіт при будівництві**

Будівництво башти зв'язку висотою 42,7 м передбачає виконання комплексу підготовчих, земляних, бетонних, монтажних, електромонтажних та завершальних робіт, які організовуються відповідно до затвердженого календарного плану та технологічної документації. На початковому етапі проводиться підготовка будівельного майданчика, що включає очищення території від рослинності та сторонніх перешкод, вирівнювання та ущільнення ґрунту, облаштування тимчасових під'їзних шляхів для автотранспорту та монтажної техніки, а також організацію зон складування матеріалів і металевих секцій башти. На цьому етапі встановлюються тимчасові будівельні та адміністративні приміщення, організовується підключення до тимчасових мереж електро- та водопостачання, проводиться геодезична розбивка осей

фундаменту та визначаються репери для контролю вертикальності майбутньої споруди. Особлива увага приділяється безпечному плануванню руху техніки та організації зон безпечного пересування персоналу.

Після підготовки майданчика виконуються земляні роботи, під час яких формується котлован під фундамент башти та влаштовується основа під бетонування. Дно котловану вирівнюється та ущільнюється для забезпечення рівномірного розподілу навантажень, при необхідності проводяться роботи із дренажу та водовідведення, щоб уникнути підтоплення фундаменту. Весь процес земляних робіт здійснюється з використанням екскаваторів та ущільнювальної техніки, а контроль за точністю розміщення котловану здійснюють геодезисти. Паралельно на майданчику здійснюється складування металевих секцій башти, перевірка комплектності та якості профілів, кутиків, труб та фланців, а також підготовка монтажних зон для підйому секцій.

Наступним етапом є влаштування фундаменту. Для цього встановлюється опалубка, формується арматурний каркас з закладними елементами та анкерними болтами, які будуть фіксувати першу секцію башти. Арматура перевіряється на відповідність кресленням, контролюється точність кроку та розташування, після чого проводиться бетонування з ущільненням суміші вібраторами. Особливу увагу приділяють догляду за бетоном під час твердіння, забезпеченню рівномірної температури та вологості, щоб досягти проектної міцності. Після затвердіння бетону проводиться перевірка точності положення анкерних болтів та підготовка фундаменту до монтажу першої секції.

Монтаж металевих секцій є основною частиною будівництва башти. Після перевірки комплектності металевих елементів проводиться установка першої секції на фундаменті з використанням автокрана відповідної вантажопідйомності. Вертикальність секції контролюється геодезичними приладами, після чого здійснюється фіксація анкерними болтами та встановлення діафрагм жорсткості. Послідовно монтуються секції С1–С9. Нижні секції мають пірамідальну форму, що забезпечує стійкість та надійність

конструкції, а верхні — призматичну, для полегшення ваги конструкції та монтажу антенно-фідерного обладнання. Кожна секція з'єднується з попередньою за допомогою фланцевих з'єднань та болтів відповідного діаметру, а решітчасті елементи з'єднуються болтами та зварюванням залежно від конструктивного рішення. Під час монтажу особлива увага приділяється контролю вертикальності, точності суміщення фланців, натягу та фіксації всіх елементів, встановленню діафрагм жорсткості, а також дотриманню заходів охорони праці при роботі на висоті: робітники працюють у страхувальних системах, обмежені зони доступу та безпечні маршрути пересування техніки суворо дотримуються.

Паралельно з монтажем конструкцій проводяться роботи з встановлення антенно-фідерного обладнання та інженерних систем. На верхніх секціях монтується антени та кабельні лотки, прокладаються кабельні траси, встановлюються грозозахисні та заземлювальні провідники, системи блискавкозахисту та технічного обслуговування. Важливою частиною є монтаж сходів, майданчиків, огорожень і платформ для технічного персоналу. Електромонтажні роботи включають підключення щитів живлення, монтаж автоматів, прокладання кабелів живлення та сигналізації, контроль заземлення та електричної ізоляції, перевірку електротехнічних параметрів обладнання та систем зв'язку.

Завершальний етап будівництва включає перевірку якості всіх болтових та зварних з'єднань, остаточне фарбування та антикорозійний захист металевих елементів, благоустрій території навколо башти, встановлення постійної огорожі та водовідведення. Проводиться геодезична перевірка вертикальності та точності встановлення конструкцій, випробування обладнання та пусконаладжувальні роботи. Після цього оформлюється виконавча документація, яка включає звіти про контроль якості, геодезичні відомості, акти перевірки анкерів та болтових з'єднань, а об'єкт передається замовнику для введення в експлуатацію.

### 3.3 Вибір крану для монтування башти

Комплексний процес монтажних робіт обслуговується будівельними кранами -баштовим або стріловими, залежно від розмірів у плані і поверхності будівлі.

Кількість кранів залежить ще від конфігурації будівлі і термінів будівництва. Зазвичай монтажно-кладочний процес обслуговує один кран на ді секції цегляного будинку.

При виборі виду крана необхідно проаналізувати різні варіанти його розміщення і пересування, а також його технічні можливості і залежності від монтажних характеристик конструкцій і розмірів будівлі, що зводиться.

Вибір крана проводять за такими монтажними характеристиками конструкції:

- з найбільшою масою;
- з найбільшою висотою підйому і проектне положення.

Монтажні крани вибираються за наступними вантажовисотними характеристиками:

- вантажопідйомність  $Q$ , т;
- висота підйому гаку НКР, м;
- виліт стріли | СТР, м

Вантажопідйомність крана  $Q$  повинна бути рівною або більшою за монтажну масу елемента, що монтується  $Q_m$ , який підіймається на задану висоту при відповідному вильоті гака крана.

Монтажна маса конструкцій  $Q_m$  визначається за формулою:

$$Q_m = q_e + q_{\text{вант.прист.}} \quad (3.1)$$

$$Q_m = 0.6 + 0.05 = 0.65$$

де:

$q_e$  - маса конструкції (елементу), що монтується;

квант.прист - маса такелажних і монтажних пристосувань, що підіймаються разом з елементом.

Висота підйому гака, необхідна для підйому монтажних елементів,

Визначається за формулою:

$$H_{кр} = H_0 + H_3 + H_э + H_{стр}, м \quad (3.2)$$

$$H_{кр} = 42,2 + 0,5 + 0,12 + 0,3 = 43,12 м$$

де:

$H_0$  - перевищення Відмітки опор елемента, що монтується над рівнем стоянки крана, м;

$H_3$  - Відстань, на яку елемент, що монтується опускається з посадочною швидкістю, м; приймається рівною 0.5 м для монтажних елементів з розмірами 8 плані до 6 м; 1 м – при розмірах от 6 м до 18 м; 15 м - при розмірах більше 18 м.

$H_э$  - висота (товщина) монтажного елемента, м;

$H_{СТР}$  - висота стропувального пристосування, що знаходиться над конструкцією, що монтується (розрахункова Висота стропування), м.

Виліт стріли визначається в залежності від конструкції баштового крана.

Для баштових кранів з нижньою противагою (рис. 1) Виліт стріли:

$$l_{стр} = R_{пл} + a + b, м \quad (3.3)$$

$$l_{стр} = 3.5 + 0.7 + 8.1 = 12.3$$

де:

$b$ - Відстань від грані будівлі до центра ваги елемента, найбільш віддаленого

Від крана;

$a$  - відстань Від виступаючої частини крана до грані будівлі, не менше 0,7м;

$R_{пл}$ - габарит поворотної платформи, при невідомих вихідних даних приймати 3,5-ім.

Беремо гусеничний кран Liebherr LTM 1150-5.1.

### 3.4 Розробка календарного плану-графіку

Всі роботи на будівельному майданчику організовуються і систематизуються за допомогою укрупненої номенклатури, що подана у вигляді таблиці. Ця укрупнена номенклатура є основою для складання календарного плану виконання будівельних робіт — ключового документа в складі проєкту виконання робіт (ПВР).

Календарний план описує хід виробничого процесу у часі та просторі на окремих ділянках, етапах, секціях або поверхах будівлі. Під час розробки календарного плану враховуються сучасні методи виконання робіт, які спрямовані на максимальну механізацію та економічність будівництва. Використання високопродуктивної техніки та комплексна механізація мають забезпечити високу якість робіт та безпеку праці.

Різні види будівельно-монтажних робіт організовуються таким чином, щоб виконуватись одночасно та поєднуватись у часі з урахуванням технологічних вимог і норм безпеки. Організація виробництва ведеться за потоковим методом, який передбачає паралельне виконання робіт на різних ділянках об'єкта. Такий підхід сприяє скороченню загального терміну будівництва.

Календарний план також визначає необхідні обсяги будівельних матеріалів, техніки, транспорту, трудових ресурсів і фінансових засобів для успішного виконання проєкту. Він є одним із головних інструментів контролю та управління процесом будівництва. Календарний план складається відповідно до вимог і рекомендацій інструкції ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Структурно календарний план поділяється на дві основні частини: ліва частина містить вихідні дані для проєктування, а права — лінійний календарний графік виконання робіт.

Загальний термін будівництва, визначений календарним планом, становить 7,5 місяців, що відповідає нормативному терміну у 10 місяців,

встановленому згідно з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів».

У календарному плані роботи представлені в чіткій технологічній послідовності з урахуванням часових зв'язків між різними процесами виконання будівельних робіт.

Календарний план включає чотири основні графіки:

- графік завезення будівельних матеріалів;
- графік витрати будівельних матеріалів;
- графік руху робітників;
- графік освоєння капіталовкладень.

При складанні календарного плану важливо враховувати багато факторів, зокрема технологічну послідовність робіт та їх взаємозв'язок у часі. Кожен етап будівництва має свої вимоги щодо строків і порядку виконання, що має бути відображено у графіку.

Окрім того, необхідно узгодити календарний план з доступністю ресурсів — матеріалів, обладнання та робочої сили. В процесі планування важливо передбачити можливі ризики і непередбачені обставини, які можуть уповільнити будівництво. Це дозволяє закласти резерви часу і ресурсів для оперативного реагування на виниклі проблеми.

Гнучкість календарного плану забезпечує можливість внесення змін у разі зміни умов або вимог під час будівництва.

Всі ці аспекти сприяють створенню більш точного та ефективного календарного плану, що допомагає успішно реалізувати будівельний проєкт.

Графічна частина проєкту містить календарний план-графік, який наочно відображає послідовність і строки виконання будівельних робіт.

### **3.5 Проєктування будівельного генплану**

Будгенплан — це документ, який визначає організацію будівництва об'єкта на будівельному майданчику та регламентує розташування всіх

необхідних елементів будівельного процесу. Він охоплює існуючі та проєктовані будівлі, споруди та комунікації, а також тимчасові споруди, механізовані установки, склади будівельних матеріалів, тимчасові водопровідні та каналізаційні мережі, електромережі, тимчасові дороги і проїзди, що забезпечують безперебійне виконання будівельних робіт.

Процес проєктування будгенплану складається з кількох послідовних етапів. Спершу визначають потребу в тимчасових будівлях і спорудах та розраховують їхню кількість, враховуючи обсяг і характер виконуваних робіт. Далі проводиться розрахунок і проєктування тимчасового електропостачання, водопостачання, теплопостачання, а також організації руху транспорту і внутрішньої логістики майданчика.

При розробці будгенплану дотримуються основних принципів. По-перше, тимчасові споруди та комунікації розміщуються на територіях, що не призначені для забудови постійними будинками та спорудами, з урахуванням вимог пожежної безпеки та санітарно-гігієнічних норм. По-друге, вартість будівництва тимчасових споруд та мереж повинна бути мінімальною. І нарешті, відстані для транспортування будівельних матеріалів і обсяг вантажів усередині будгенплану повинні бути зведені до мінімуму.

Будгенплан розробляється на етапі зведення надземної частини будівлі, коли необхідно детально спланувати всі тимчасові об'єкти та організаційні заходи на майданчику. Під час його проєктування керуються наступними принципами:

1. Раціональне використання території майданчика для забезпечення максимально ефективного розміщення всіх елементів виробничого процесу;
2. Забезпечення комфортних і безпечних умов для працівників шляхом правильного розміщення побутових приміщень, обладнання та пішохідних шляхів;
3. Дотримання вимог пожежної безпеки, охорони навколишнього середовища та норм безпеки праці.

Особлива увага приділяється проектуванню складів і визначенню їхніх розмірів, площ майданчиків та логістичних маршрутів. Після розташування складів виконується прив'язка тимчасових будівель, споруд, механізованих установок і комунікацій, що включає визначення точок підключення до постійних мереж та трасування з позначенням проміжних пристроїв і обладнання.

На наступному етапі проектуються заходи з техніки безпеки. Визначаються межі небезпечних зон навколо рухомих частин машин і механізмів, силових установок, зон переміщення будівельних матеріалів та вантажів. Додатково зазначаються обмеження території будівельного майданчика, місця зберігання протипожежного інвентарю, розташування проходів, проїздів і зон відпочинку для працівників.

Розроблений будгенплан відображає усі ці рішення в графічній частині проєкту, наочно демонструючи розміщення тимчасових і постійних об'єктів, маршрутів транспорту та логістичні зв'язки між ними, що дозволяє забезпечити ефективно, безпечно та організоване виконання будівельних робіт на всіх етапах будівництва.

### **3.5.1 Визначення потреби в тимчасових будівель**

Монтаж башти зв'язку висотою 42,2 метра здійснюється максимально мобільно та організовується так, щоб усі роботи були виконані протягом одного робочого дня. Конструктивні секції башти доставляються на майданчик готовими, у необхідному комплекті, що дозволяє виключити потребу у тривалому зберіганні матеріалів або облаштуванні тимчасових складів. Це забезпечує скорочення організаційних витрат, зменшує зайнятість будівельної території та спрощує управління процесом монтажу.

Під'їзд вантажного транспорту та мобільного крана організовується таким чином, щоб забезпечити безпечно та ефективно переміщення секцій до місця монтажу. На майданчику виділяється зона для тимчасового розвантаження секцій, яка розташовується безпосередньо біля точки монтажу.

Ця зона не є складом у класичному розумінні, вона призначена лише для короткострокового утримання матеріалів у процесі підготовки до підйому краном. Таке рішення дозволяє уникнути додаткових тимчасових споруд і оптимально використовувати наявну площу будівельного майданчика.

Для виконання монтажу достатньо мобільної бригади кваліфікованих монтажників, чисельність якої визначається складністю та обсягом робіт. Основна задача персоналу полягає у координації підйому та встановлення секцій башти, а також у дотриманні всіх правил безпеки при роботі з важкими елементами та переміщенні конструкцій у вертикальному просторі. Використання мобільного крана, здатного піднімати секції на необхідну висоту, забезпечує ефективність та безпечність процесу.

Таким чином, організація монтажу башти зв'язку зводиться до мінімальних вимог: наявності під'їзду для техніки, виділеної робочої зони для безпечного встановлення конструкцій та мобільної бригади монтажників. Відсутність потреби у тимчасових будівлях або складах значно спрощує підготовку майданчика, зменшує матеріальні витрати та скорочує тривалість виконання робіт. Використання готових секцій та швидке встановлення дозволяє провести монтаж башти протягом одного дня без зупинок та затримок, що забезпечує ефективне використання ресурсів і високий рівень безпеки на будівельному майданчику.

Для облаштування майданчика після виконання фундаментних робіт під вежу та засипки котловану передбачається реалізація наступного обсягу робіт.

Необхідно встановити два контури заземлення: контур робочого та захисного заземлення, а також контур блискавкозахисного заземлення. Контур робочого та захисного заземлення забезпечить належну електричну безпеку на об'єкті та ефективне відведення струмів у разі виникнення несправностей. Контур блискавкозахисного заземлення захистить майданчик від прямих попадань блискавки та струмів, що виникають при розрядах.

Планується встановлення трьох блоків типу Б1 розмірами 1200 x 600 x 200 мм (h) для розміщення перспективного обладнання іншого оператора. Ці

блоки призначені для безпечного розміщення технічних засобів, які мають бути інтегровані в інфраструктуру майданчика.

Для встановлення кліматичних шаф типу 20U передбачається влаштування двох блоків Б2 розмірами 1500 x 600 x 400 мм (h). Кліматичні шафи забезпечать захист встановленого обладнання від впливу зовнішніх факторів, таких як зміни температури, вологість та пил. Блоки будуть розміщені на підготовлених майданчиках із врахуванням вимог щодо надійності та довговічності конструкції.

У землі, на глибині 500 мм, буде прокладено ПВХ труби для подальшої прокладки кабелів живлення між перспективними технологічними шафами outdoor (3 шт.) та щитами огорожі. Прокладка труб забезпечить захист кабелів від механічних пошкоджень і дозволить організувати їх у майбутньому зручне обслуговування та заміну.

Для підготовки основи майданчика буде виконано насипання щебеню фракції 5-20 мм на втрамбований ґрунт зворотної засипки. Товщина шару щебеню не повинна бути менше 150 мм. Це дозволить забезпечити стабільність підстави і належне водовідведення, оскільки передбачений ухил не менше 3° від центру майданчика до його країв.

Територія майданчика буде огорожена. Огорожа розмірами 8,0 x 9,0 м забезпечить належний захист об'єкта та обмежить доступ сторонніх осіб на територію.

Ці роботи є невід'ємною частиною підготовки майданчика до подальшої експлуатації та гарантують безпеку та надійність всіх інженерних систем, що будуть встановлені на території.

### **3.5 Техніко-економічні показники бюджету**

Техніко-економічні показники бюджету - це параметри, які використовуються для оцінки ефективності та раціональності використання будівельного майданчика під час будівництва.

Ці показники включають в себе різноманітні технічні та економічні параметри, які допомагають визначити оптимальні рішення щодо розміщення тимчасових споруд, складів матеріалів, інженерних мереж та інших об'єктів на будівельному майданчику.

Серед таких показників можуть бути вартість тимчасових споруд, витрати на будівництво, місткість складських приміщень, терміни виконання робіт, оптимальне використання робочої сили та інші. Техніко-економічні показники допомагають забезпечити ефективно та економічно обґрунтоване будівництво об'єкта. Показники будгєнплану наведено в табл. 3.2

### **3.6 Розрахунок електропостачання будівельного майданчику**

На будівельних майданчиках, зокрема при монтажі веж зв'язку, ефективно управління та планування електропостачання є критично важливими для забезпечення безперебійної роботи обладнання. Електроенергія використовуватиметься для живлення різноманітних механізмів, систем управління, а також для підключення освітлення та інших технологічних установок. Тому важливою складовою є точна оцінка потреб в електроенергії та оптимізація її використання.

У разі монтажу веж зв'язку, електропостачання повинно враховувати живлення електродвигунів підйомних механізмів, освітлювальних пристроїв, а також допоміжних систем для забезпечення нормальних умов роботи персоналу на майданчику. Застосування новітніх технологій дозволяє більш точно планувати потреби в електричній енергії, забезпечуючи її раціональне використання.

Управління електропостачанням також включає розробку планів забезпечення надійності електроживлення, встановлення резервних джерел живлення, а також розробку аварійних планів для мінімізації впливу можливих перебоїв в електропостачанні. Це дозволяє уникнути зупинок у

роботі обладнання та забезпечити безперебійне виконання робіт на будівельному майданчику.

Для монтажу вежі зв'язку, що потребує електричних підключень для технічних установок та освітлення, важливо ретельно спланувати розміщення електрообладнання. Встановлення необхідних світильників для забезпечення безпеки на майданчику має бути частиною загальної стратегії з управління електропостачанням. Це включає монтаж загороджувальних ліхтарів ЗОЛ-СД-А для позначення висотних об'єктів та забезпечення безпеки повітряного руху.

Не менш важливим є планування розміщення попереджувальних та вказівних знаків безпеки на майданчику. Це допомагає знизити ризики нещасних випадків, сприяючи безпеці робітників та ефективному виконанню завдань.

Комплексний план монтажу вежі зв'язку є важливим інструментом для організації процесу, що дозволяє не лише уникнути непередбачених затримок, але й забезпечити раціональне використання матеріальних і фінансових ресурсів. Планування потреб у матеріалах та техніці, а також оцінка витрат, дозволяють ефективно управляти ресурсами, що, в свою чергу, сприяє успішному завершенню проекту.

Детальніше, на основі попереднього плану електропостачання вежі зв'язку, передбачається влаштувати ліхтарі загороджувальні ЗОЛ-СД-А, призначені для позначення висотних об'єктів, що можуть становити небезпеку для повітряного транспорту. Ліхтарі будуть встановлені на вежі висотою 42 м (відмітка +42,270 м). Для монтажу ліхтарів на відмітці +42,200 м буде використано спеціальне кріплення — кронштейни КР1.

Електроживлення ліхтарів ЗОЛ буде здійснюватися через блок управління, що буде розміщено в шафі outdoor. Кабелі для підключення ліхтарів прокладатимуться по металоконструкціях вежі, при цьому вони будуть кріпитися до конструкцій за допомогою стяжок, призначених для зовнішнього використання. Для підключення ліхтарів та клемної коробки буде використовуватися кабель ВББШв 4x1,5 мм<sup>2</sup>.

Заземлення кабелів здійснюватиметься шляхом приєднання броні кабелів до шини заземлення за допомогою болтових з'єднань. Заземлення буде виконано як на вході в шафу outdoor, так і на виході для ліхтарів.

Ці заходи дозволять забезпечити безпечне та ефективне електричне живлення для всіх необхідних систем на майданчику, що забезпечить стабільну роботу в процесі монтажу вежі зв'язку.

Електропостачання для необхідних установок та інструментів на майданчику забезпечується безпосередньо через постійні джерела живлення об'єкта або через локальні джерела, якщо це потрібно для конкретних механізмів чи обладнання. Оскільки всі роботи проводяться вдень, і освітлення не є критичним, не передбачається додаткове навантаження на енергетичну систему через тимчасове освітлення.

Таким чином, електропостачання для монтажу вежі зв'язку здійснюється без потреби у встановленні окремого трансформатора, що значно спрощує організацію енергопостачання на майданчику.

### **3.7 Потреба у водопостачанні на будівельному майданчику**

На будівельному майданчику для монтажу вежі зв'язку потреба у водопостачанні відсутня. Оскільки всі роботи з монтажу вежі плануються виконувати в сухий період і в денний час, для проведення робіт не передбачена необхідність у воді для господарських або технологічних потреб.

Враховуючи характер робіт, вода не буде використовуватися для будівельних процесів, таких як змішування будівельних розчинів або охолодження обладнання. Також немає потреби в організації водопостачання для санітарних потреб, оскільки робочий процес обмежується монтажем вежі без потреби у тривалому перебуванні на майданчику. Роботи будуть здійснюватися із застосуванням необхідних інструментів та механізмів, які не потребують води для своєї роботи.

Таким чином, для монтажу вежі зв'язку на цьому майданчику водопостачання не передбачено, і цей аспект не потребує додаткового ресурсного планування.

### **3.8 Загальні положення**

Технологічну карту розроблено на основі вимог ДСТУ Б В.2.6-36 та з урахуванням актуальних нормативних документів, що регламентують проектування, монтаж та експлуатацію конструкцій на будівельних майданчиках для об'єктів телекомунікацій. В даному випадку, технологічна карта містить матеріали, що описують етапи монтажу та забезпечення безпеки при будівництві металевої вежі зв'язку, а також установці телекомунікаційного обладнання на таких об'єктах.

Матеріали та конструкції вежі зв'язку розраховані на встановлення антен для діапазонів 900 МГц, 1800/2100 МГц та 2600 МГц, а також радіомодулів, що є частиною телекомунікаційної системи. Проект передбачає використання металічної конструкції для вежі, що складається з секцій, які з'єднуються на будівельному майданчику. Для забезпечення надійності конструкції вежі передбачено використання відповідних сталевих профілів та елементів кріплення, що відповідають стандартам безпеки та надійності.

Проектування та монтаж вежі проводяться з урахуванням вимог таких нормативних актів:

- ДСТУ Б В.2.6-34 "Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги";
- ДСТУ Б В.2.6-36 "Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні вимоги";
- ДСТУ EN 62305-2012 "Захист від блискавки";

- ДБН В.2.6-33: 2008 "Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією";
- ДБН В.1.1-7-2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва".

Проект передбачає використання таких методів забезпечення безпеки, як блискавкозахист вежі та її елементів, а також монтаж робочо-захисного заземлення для всіх металевих конструкцій. Особливу увагу приділено забезпеченню належної стійкості конструкції під впливом погодних умов і в умовах потенційних техногенних впливів. Для цього застосовуються спеціальні заходи по встановленню стрижневого блискавкоприймача, прокладанню металеві смуги для заземлення, а також використанню з'єднувальних елементів, що дозволяють забезпечити надійне заземлення конструкцій вежі.

Монтаж вежі зв'язку здійснюється за допомогою крана Liebherr LTM 1150-5.1, який забезпечує підйом важких елементів конструкції на необхідну висоту. Враховуючи складність і технічні вимоги, всі роботи по монтажу вежі проводяться у відповідності до технічних умов і вимог безпеки, що передбачають контроль за якістю виконання монтажу на кожному етапі. Зокрема, перед початком робіт здійснюється підготовка майданчика, очищення території від перешкод і вирівнювання поверхні для розташування основи вежі.

Всі роботи повинні виконуватись при температурі навколишнього середовища не нижче +5 °С і не вище +30 °С. У випадку нестабільних погодних умов або інших чинників, що можуть вплинути на безпеку виконання робіт, планується коригування графіка робіт, а також застосування засобів захисту робітників.

Особливу увагу приділяється розташуванню та встановленню елементів захисту від блискавки. Для цього проектом передбачено встановлення стрижневих блискавкоприймачів і заземлення конструкцій вежі через металеву смугу, що забезпечить максимальний захист від потенційних ударів

блискавки. Після виконання монтажу передбачається проведення перевірок на відповідність проекту та вимогам безпеки.

Також, на етапі виконання робіт, необхідно врахувати вимоги до механізації та інструментів, що будуть використовуватись для монтажу та влаштування конструкцій. Це включає визначення мінімальних товщин металевих елементів, відповідних стандартам безпеки, а також узгодження з підрядником засобів механізації для ефективного та безпечного виконання робіт.

Крім того, технологічна карта включає опис всіх етапів робіт, що забезпечують правильне розташування, закріплення та підключення антен і радіомодулів, а також визначає строки виконання кожного етапу робіт, що забезпечує своєчасне завершення будівництва.

### **3.9 Роботи з влаштування скріпленої теплоізоляції рекомендується виконувати з риштувань, захищених сіткою, з риштування або самопідйомних колісок**

При застосуванні пенополістірольних плит, як утеплювача для їх приклеювання і подальшого захисту необхідно застосувати суміші Profline ЗК-4, ЗК-45,3 К-5 а при використанні мінераловатних плит повинні застосовуватися ЗК-45, ЗК-5, ЗК-7.

Контроль якості робіт з утеплення фасадів проводиться згідно ДБН В.2.6-22-2001

«Улаштування покриттів з використанням сухих будівельних сумішей» і данної карти.

### **3.10 Область застосування**

Технічне креслення призначене для утеплення зовнішніх стін будівель і споруд різного призначення, в яких допустима відносна вологість повітря в приміщенні не більше 65%.

Технічна схема розроблена згідно з ГОСТ 15150 (Група У1) Опалення та облицювання поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель, що експлуатуються в помірних кліматичних умовах.

Система утеплення – це багатошарова конструкція, що складається з наступних основних компонентів:

- розчин клейової суміші для кріплення плитного утеплювача до зовнішньої поверхні конструкції, що декорується. Для пінополістирольних плит суміші PROFlіne "ZK-4", PROFlіne "ZK-45", PROFlіne "ZK-5",

- плитний утеплювач, що кріпиться до зовнішньої поверхні облицювальної конструкції за допомогою розчину клейової суміші та кріпильних елементів. В якості утеплювача використовується плита пінополістирол, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.6-36:2008 (Додаток А)

- Допоміжні елементи та перфоровані алюмінієві профілі для посилення системи та захисту теплоізоляції укосів дверних та віконних прорізів;

- Шар матеріалу, який використовується для герметизації та герметизації ізоляції дверних і віконних прорізів, з'єднання між утеплювачем і конструкцією даху та встановлення компенсаційних швів всередині утеплювача;

- Для зміцнення системи та захисту щільного утеплювача від механічних і атмосферних впливів служить шар полімерцементного розчину, армований лугостійкою склосіткою. Для цього використовується суміш ПРОФлайн «ЗК-5».

Захисно-фінішне покриття з полімерцементної декоративної штукатурки, на яку потім наноситься зовнішня фарба. Використовують штукатурку короїд ПРОФлайн «ДК-4», штукатурку галькову ПРОФлайн «ШТ-4» зернисту 1,5 мм або 2,0 мм, декоративно-рельєфну штукатурку ПРОФлайн Бароїд «ДК-45» або акрилову декоративну штукатурку ПРОФлайн Маляр «ШТ-5» мікс. Акрилова декоративна штукатурка короїд PROFlіne Фарба "ДК-5", PROFlіne "ФФ-1".

### 3.11 Конструктивні рішення монтування опорної секції башти

Монтаж опорної секції башти є критично важливим етапом будівельного процесу, що вимагає точності, відповідності нормативним вимогам та безпеки. Процес починається з підготовки майданчика для монтажу, що передбачає очищення робочої поверхні від сміття, вирівнювання основи та встановлення тимчасових опор для безпечного виконання робіт. Всі ці роботи повинні здійснюватися з дотриманням вимог ДБН В.2.6-31:2016 "Будівельна теплотехніка", що регламентує підготовку майданчиків та забезпечення безпеки при монтажі фасадних конструкцій.

Далі, перед початком монтажу, відбувається транспортування секцій на будівельний майданчик. Для цього використовуються підйомні механізми, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.6-36:2008 "Теплоізоляція будівель", які забезпечують переміщення важких металевих конструкцій без пошкоджень. Кожен елемент має бути закріплений на транспортних засобах, що забезпечить безпеку під час перевезення. Також здійснюється перевірка технічного стану елементів перед монтажем для виявлення можливих дефектів.

Після доставки елементів на місце монтажу, починається встановлення основних вертикальних елементів секції. Це робиться за допомогою кранів або іншої підйомної техніки, що дозволяє точно позиціонувати кожен елемент в межах заданих проектом розмірів. Всі роботи повинні виконуватися з точністю, що визначена в проектній документації відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження та впливи", що регламентує розподіл навантажень на конструкції будівель. Для забезпечення міцності з'єднань, використовуються зварювання або болтові з'єднання, залежно від типу конструкції. Важливо також використовувати контролюючі інструменти для вимірювання точності встановлення кожної деталі.

Далі проводиться з'єднання елементів конструкції. З'єднання вертикальних і горизонтальних елементів опорної секції виконуються згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-36:2008 і ДСТУ Б В.2.6-40:2014 "Будівельні

конструкції. Зварювання металів" для забезпечення високої міцності з'єднань. В залежності від проектних вимог, застосовуються зварювальні роботи або болтові з'єднання для стабільності всієї конструкції. Окрім цього, кожне з'єднання має бути перевірене на міцність і надійність, щоб уникнути деформацій або пошкоджень в процесі експлуатації конструкції.

Після монтажу основних елементів секції, проводиться контроль якості встановлених конструкцій. Це включає перевірку точності монтажу, а також проведення механічних випробувань для забезпечення відповідності проектним вимогам. Всі з'єднання мають пройти випробування на навантаження відповідно до норм ДБН В.2.6-31:2016 і ДСТУ Б В.2.6-36:2008, що визначають вимоги до стійкості і міцності фасадних конструкцій. Це дозволяє гарантувати, що конструкція здатна витримати навантаження, що виникають під час її експлуатації.

Завершальний етап монтажу включає остаточну фіксацію конструкції і перевірку на відповідність вимогам проекту. Після цього знімаються тимчасові підпори та опори, і конструкція готова до подальших етапів будівництва або введення в експлуатацію. На цьому етапі також проводиться перевірка геометрії та стійкості конструкції для переконання у її надійності і безпеці. Всі роботи повинні виконуватися згідно з вимогами ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва" та відповідними розділами проекту, що визначають порядок та послідовність виконання робіт.

### **3.12 Поетапне виконання робіт.**

Монтаж опорної секції башти є важливим етапом у будівництві, що вимагає ретельного підходу до кожного етапу роботи. Перш ніж розпочати монтаж, необхідно підготувати майданчик, забезпечити його безпеку та відповідність вимогам проекту. Це включає очищення майданчика від сміття, вирівнювання поверхні та встановлення тимчасових опор, що дозволяє забезпечити безпеку під час монтажу. Підготовка повинна здійснюватися

відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва", що визначає загальні вимоги до організації будівельних робіт. Перед початком монтажу важливо також провести перевірку технічного стану основних конструкцій, на які будуть кріпитися секції, для виявлення можливих дефектів.

Після підготовки майданчика та транспортування елементів конструкції на будівельний майданчик, починається етап установки основних вертикальних елементів секції. Важливо, щоб кожен елемент був точно позиціонований, оскільки це визначає стабільність всієї конструкції. Вертикальні елементи встановлюються за допомогою підйомних механізмів, таких як крани. Під час установки слід постійно перевіряти точність розташування елементів за допомогою рівня, а також за допомогою спеціальних шаблонів для забезпечення потрібної геометрії конструкції. Геометрична точність критична, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до деформацій конструкції або погіршення її експлуатаційних характеристик. Цей етап вимагає дотримання вимог ДБН В.2.6-31:2016 "Будівельна теплотехніка", оскільки на цьому етапі закладається основа для подальших монтажних робіт.

Зварювання вертикальних елементів є одним із основних методів з'єднання. Це складний процес, який потребує особливої уваги до деталей. Зварювання має проводитися з урахуванням температурного режиму та правильного вибору зварювальних матеріалів, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-40:2014 "Будівельні конструкції. Зварювання металів". Зварювальні шви повинні бути виконані таким чином, щоб забезпечити максимальну міцність з'єднання. Особливу увагу потрібно приділити якості зварювання в зонах з високими навантаженнями. Всі зварювальні шви повинні бути рівними, без тріщин, пор або інших дефектів, що можуть вплинути на надійність конструкції. Після зварювання обов'язково проводиться контроль якості зварювальних швів, включаючи неруйнівні методи контролю (ультразвуковий або магнітний контроль), що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.6-36:2008.

Після завершення монтажу вертикальних елементів переходять до установки горизонтальних елементів, які додають конструкції додаткову жорсткість і стабільність. Горизонтальні балки з'єднуються з вертикальними елементами, при цьому важливо забезпечити їх точне розташування. Встановлення горизонтальних елементів також має відбуватися із застосуванням зварювання або болтових з'єднань, в залежності від проекту. Під час зварювання горизонтальних елементів слід враховувати не тільки точність з'єднання, але й навантаження, які конструкція буде витримувати в процесі експлуатації. Для цього використовуються зварювальні матеріали, що відповідають нормам і стандартам ДБН В.2.6-31:2016.

Окремо слід звернути увагу на армування конструкції. Для підвищення міцності та стійкості до механічних навантажень, в конструкції можуть бути передбачені армуючі елементи, такі як посилювальні балки чи діагональні перекладини. Вони з'єднуються з основними вертикальними та горизонтальними елементами через зварювання або за допомогою кріпильних елементів. Правильне розташування і армування елементів конструкції дозволяє рівномірно розподіляти навантаження, що, в свою чергу, підвищує стабільність і безпеку всієї будівлі.

Після завершення монтажу основної конструкції необхідно провести контроль якості всіх зварювальних з'єднань. Це включає перевірку всіх зварених швів за допомогою методів неруйнівного контролю, щоб переконатися в їх відповідності вимогам до міцності і безпеки. За результатами перевірки, якщо виявлені дефекти, зварювальні шви повинні бути переплавлені або замінені. Після цього можна переходити до остаточного закріплення конструкції та перевірки її стійкості.

Остаточний етап включає фіксацію секції до основи будівлі за допомогою додаткових кріпильних елементів. Цей процес має здійснюватися згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016 для забезпечення надійної стійкості конструкції до вітрових та сейсмічних навантажень. Після завершення всіх монтажних робіт проводиться остаточна перевірка геометрії та міцності

конструкції для підтвердження її відповідності проекту та нормативним вимогам.

Під час проведення монтажу та зварювальних робіт особливу увагу слід приділяти безпеці праці. Виконання зварювальних робіт та монтажу елементів має здійснюватися відповідно до стандартів безпеки, що визначені в ДСТУ 3973-2000 "Охорона праці при зварювальних роботах" і ДБН В.1.2-2:2006, що регулюють навантаження та впливи на будівельні конструкції. Всі роботи повинні виконуватись лише кваліфікованими спеціалістами, а також проводиться регулярний контроль за технічним станом використовуваного обладнання та інструментів.

Завершення монтажу опорної секції передбачає підготовку конструкції до наступних етапів будівництва, таких як встановлення інших секцій або додаткових елементів. Після того, як всі елементи зібрані і перевірені, конструкція повинна бути готовою до введення в експлуатацію, що підтверджується результатами перевірок та відповідністю всіх з'єднань і розмірів вимогам проекту та нормативам.

### **3.13 Устаткування та інструменти для монтажу**

Для виконання монтажу опорної секції башти використовуються різноманітне обладнання та інструменти, що відповідають вимогам безпеки, точності виконання робіт та ефективності процесу. Під час монтажу важливо використовувати високоякісні інструменти і техніку, що забезпечує необхідний рівень точності та надійності з'єднань конструкції. Всі використовувані механізми та інструменти повинні відповідати вимогам нормативних документів, таких як ДСТУ 3973-2000 "Охорона праці при зварювальних роботах" та ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження та впливи на будівельні конструкції".

Одним із основних елементів монтажу є підйомні механізми. Для транспортування важких елементів конструкції використовуються автокрани

та кранові установки, які забезпечують точне переміщення секцій на будівельний майданчик та їх подальший монтаж. Важливо забезпечити правильне розташування кранів, дотримуючись вимог безпеки та інструкцій з експлуатації. Кранівники повинні мати відповідну кваліфікацію, а також здійснювати постійну перевірку технічного стану підйомних механізмів перед початком робіт, що передбачено ДСТУ 3973-2000.

Для монтажу та з'єднання конструкційних елементів використовуються різноманітні зварювальні апарати. Зварювальні апарати повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-40:2014 "Будівельні конструкції. Зварювання металів", а зварювальні роботи повинні проводитися за погодженою технологією. У разі використання автоматичних або напівавтоматичних зварювальних машин, важливо, щоб вони були налаштовані відповідно до проектних параметрів зварювання, таких як температура та сила струму, що гарантує міцність швів.

Також для точності виконання робіт використовуються вимірювальні інструменти, серед яких найбільш важливими є лазерні рівні та теодоліти. Вони дозволяють точно визначити вертикальність, горизонтальність і кути конструкційних елементів при їх установці. Це особливо важливо для досягнення необхідної геометрії секції і точності її монтажу. Вимірювальні прилади повинні періодично перевірятися та калібруватися для забезпечення високої точності, що регламентується ДСТУ 7307:2015 "Інструменти вимірювальні".

Для виконання кріплення та з'єднання елементів використовуються болтові з'єднувачі та спеціалізовані кріпильні елементи, такі як гайки, болти та шпильки, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Важливо використовувати відповідні інструменти для монтажу кріпильних елементів, такі як гайкові ключі і різьбові машини, що забезпечує правильне і міцне з'єднання конструкцій.

Для армування та посилення конструкції використовуються металеві сітки та підсилювальні елементи, для яких застосовуються гідравлічні прес-машини та ручні інструменти для обробки металу, такі як болторізи. Ці

інструменти використовуються для згинання, нарізання та установки армуючих елементів, що необхідно для підвищення жорсткості конструкцій.

Окрім основного монтажного обладнання, важливими інструментами є підйомники, які використовуються для монтажу дрібних елементів, а також електричні шуруповерти та дрелі для свердління отворів під кріпильні елементи. Всі ці інструменти повинні бути в робочому стані, перевірятися перед використанням і відповідати вимогам безпеки, визначеним ДСТУ 3973-2000.

Що стосується захисного обладнання, то для забезпечення безпеки працівників під час зварювальних та монтажних робіт використовуються захисні каски, зварювальні маски та респіратори, що захищають від високих температур, іскор, а також від шкідливих газів і випарів, які виникають під час зварювання. Всі ці елементи повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.003-83 "ССБТ. Обладнання зварювальне. Загальні вимоги безпеки".

Таким чином, правильний вибір та використання устаткування та інструментів для монтажу секції башти є критичними для досягнення високої якості робіт та забезпечення безпеки на будівельному майданчику. Всі інструменти і техніка повинні бути регулярно перевірені, налаштовані та відповідають діючим нормативним вимогам.

### **3.14 Захист від корозії та додаткові обробки металу**

Корозія є одним із основних факторів, що негативно впливає на довговічність та міцність металевих конструкцій. Для забезпечення тривалого терміну служби опорної секції башти важливо вжити заходів щодо захисту металу від корозії та провести додаткові обробки, що підвищують стійкість конструкції до впливу зовнішнього середовища. Це включає використання спеціальних покриттів, технічних рішень для обробки металу, а також регулярне обслуговування і перевірку стану покриттів.

Одним із основних методів захисту металу є нанесення антикорозійних покриттів. Це можуть бути як порошкові фарби, так і жидкі антикорозійні покриття. Найбільш популярними є покриття на основі алкідних або епоксидних смол, які володіють відмінними антикорозійними властивостями. Згідно з вимогами ДСТУ 4756-2007 "Покриття антикорозійні для металевих конструкцій. Технічні умови", такі покриття повинні бути нанесені в кілька шарів для забезпечення надійного захисту від агресивних факторів навколишнього середовища. Вони формують міцну плівку, що захищає метал від корозії, в тому числі від впливу води, вологи, кисню та хімічних реагентів.

Для підвищення ефективності захисту від корозії, особливо на частинах конструкції, що піддаються інтенсивному механічному навантаженню, використовуються цинкові покриття. Процес цинкування передбачає покриття металу шаром цинку, що утворює на поверхні конструкції захисну плівку. Цей метод застосовується відповідно до ДСТУ ISO 1461:2010 "Гальванічні покриття. Методи оцінки якості покриттів цинком". Цинкові покриття забезпечують тривалий захист металу від корозії, особливо в умовах підвищеної вологості, а також в агресивних середовищах.

Додатково до цинкування, застосовуються фосфатування та пасивування металевих поверхонь, що сприяє покращенню адгезії покриттів і підвищенню корозійної стійкості. Ці методи передбачають обробку металу спеціальними хімічними складами, що утворюють захисний шар на поверхні, запобігаючи прямому контакту металу з атмосферними факторами, такими як волога і кисень.

Для підвищення стійкості металевих конструкцій до механічних пошкоджень, що можуть сприяти розвитку корозії, також застосовуються покриття з поліуретанів або покриття з рідких каучукових матеріалів. Вони утворюють міцну еластичну плівку, яка добре захищає від механічних пошкоджень і забезпечує додаткову ізоляцію від вологи, тим самим зменшуючи ризик розвитку корозії в результаті механічних впливів.

Крім того, важливим етапом є регулярний огляд і технічне обслуговування конструкцій, щоб виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях. Проводиться перевірка стану антикорозійних покриттів, і в разі необхідності проводяться їх часткові відновлення або повторне нанесення. Такі заходи включають шліфування та очищення пошкоджених ділянок металу, після чого наносяться нові шари захисного покриття. Відповідно до вимог ДСТУ 3973-2000 "Охорона праці при зварювальних роботах", забезпечення безпеки під час обробки і відновлення покриттів є важливим елементом технічного обслуговування конструкцій.

Для більшості конструкцій, що піддаються агресивним атмосферним впливам, може бути рекомендовано комплексне застосування покриттів, яке включає в себе і механічні, і хімічні методи захисту металу. Це дозволяє створити мультифункціональний захист, що буде ефективно протистояти різноманітним факторам, таким як зміни температури, волога, механічне навантаження, агресивні хімічні речовини, що можуть викликати руйнування матеріалу.

Захист металу від корозії має важливе значення не тільки для продовження терміну служби конструкції, але і для забезпечення її міцності, стійкості до зовнішніх навантажень, що особливо актуально для металевих конструкцій, які піддаються великим механічним навантаженням, таким як опорні секції башт. Згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016, відсутність корозії на конструкціях є критично важливим фактором для забезпечення довговічності і безпеки будівельних об'єктів.

Таким чином, проведення регулярних обробок, покриттів і захист металевих конструкцій від корозії є необхідним етапом для забезпечення їх довготривалої та безпечної експлуатації.

### **3.15 Перевірка точності геометрії конструкції.**

Перевірка точності геометрії конструкції є важливим етапом у процесі монтажу опорної секції башти, оскільки від правильності розташування елементів залежить не тільки естетичний вигляд будівлі, а й її експлуатаційні характеристики та безпека. Навіть незначні відхилення від проектних розмірів можуть призвести до деформацій, зниження міцності конструкції або проблем із встановленням інших секцій. Тому на всіх етапах монтажу необхідно регулярно проводити вимірювання та коригування геометрії конструкції, щоб забезпечити точність і відповідність проекту.

Основні принципи перевірки точності геометрії базуються на забезпеченні правильного розташування вертикальних і горизонтальних елементів конструкції, дотриманні заданих кутків, висот і відстаней між елементами. Для цього використовуються різноманітні вимірювальні інструменти, які дозволяють досягти максимальної точності. Серед таких інструментів — лазерні рівні, теодоліти, вимірювальні рулетки, кутоміри та мікрометри. Згідно з вимогами ДСТУ 7307:2015 "Інструменти вимірювальні", усі прилади повинні регулярно калібруватися і мати сертифікацію для забезпечення точності вимірювань.

Першим етапом перевірки точності є перевірка вертикальності встановлених елементів. Для цього використовуються лазерні рівні, які дозволяють точно визначити, чи є відхилення від вертикальної осі на будь-якому етапі монтажу. У разі необхідності, проводиться коригування елементів для забезпечення правильного положення. Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 "Будівельна теплотехніка", вертикальність є критично важливою для забезпечення стійкості конструкції, тому ці вимірювання повинні проводитися регулярно під час монтажу кожного елемента.

Другим важливим аспектом є перевірка горизонтальності і рівності горизонтальних елементів, таких як балки та перекриття. Для цього використовуються вимірювальні рулетки або лазерні нивеліри, що дозволяють точно перевірити, чи знаходяться елементи на одній висоті і чи відповідають рівню. У разі виявлення навіть незначних відхилень, проводиться коригування

монтажу для усунення цих дефектів. Відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження та впливи на будівельні конструкції", точність установки горизонтальних елементів забезпечує не лише естетичний вигляд, а й рівномірний розподіл навантажень на всю конструкцію.

Одним з основних завдань при перевірці точності геометрії є також перевірка кутиків між елементами конструкції. Невірно встановлені елементи можуть призвести до порушення міцності з'єднань, а також погіршити зовнішній вигляд будівлі. Для визначення точності кутів застосовуються кутоміри та метод вимірювання через діагоналі. Кут між двома елементами має бути перевірений на кожному етапі монтажу, особливо коли монтуються секції, що утворюють внутрішні чи зовнішні кути.

Перевірка відстаней між елементами конструкції є ще одним важливим етапом. Під час монтажу необхідно контролювати точність розташування кожного елемента, щоб усі інші частини конструкції могли бути точно підігнані в подальшому. Для цього використовуються вимірювальні рулетки або спеціальні лазерні сканери, що дозволяють точно виміряти відстань між різними частинами конструкції. Відповідно до вимог проекту, точність відстаней може впливати на загальну міцність конструкції, тому цей етап є обов'язковим.

Завершальним етапом перевірки точності є виконання загального огляду та перевірки геометрії всієї секції. Після монтажу всіх елементів конструкції необхідно провести перевірку на відповідність проектним розмірам всієї секції в цілому. Це включає перевірку вертикальності, горизонтальності та точності кутиків між різними частинами конструкції. За результатами огляду можуть бути зроблені коригування, якщо виявлені будь-які відхилення від проекту.

Важливим є те, що усі ці перевірки повинні проводитися не лише на етапі початкового монтажу, а й на всіх етапах будівництва, оскільки під час експлуатації конструкція може зазнавати додаткових навантажень, що можуть вплинути на її геометричні характеристики. Тому регулярні перевірки точності є частиною системи технічного контролю, яка передбачена

нормативними актами, такими як ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва" та іншими стандартами.

Таким чином, перевірка точності геометрії конструкції є критично важливим етапом, що забезпечує надійність, стабільність та довговічність опорної секції башти. Цей процес гарантує, що всі конструктивні елементи правильно встановлені, відповідають проектним вимогам і можуть витримувати експлуатаційні навантаження протягом усього терміну служби конструкції.

### **3.16 Остаточний контроль якості та введення в експлуатацію.**

Остаточний контроль якості та введення в експлуатацію є критичним етапом у процесі монтажу опорної секції башти. Після завершення всіх монтажних робіт важливо здійснити перевірку на відповідність конструкції проектним вимогам, а також перевірити її на міцність та здатність витримувати експлуатаційні навантаження. Цей етап включає в себе не лише огляд готової конструкції, а й виконання відповідних випробувань для забезпечення її стійкості та безпеки.

Першим кроком остаточного контролю є перевірка всіх з'єднань конструкції. Переконайтеся, що всі зварювальні шви, болтові та інші з'єднання виконані правильно, що вони міцні та надійні. Для цього використовуються різні методи контролю, в тому числі неруйнівні, такі як ультразвукове тестування, магнітна дефектоскопія або візуальний огляд, що дозволяє виявити будь-які дефекти з'єднань, які можуть вплинути на міцність конструкції. У разі виявлення будь-яких дефектів необхідно усунути їх до введення конструкції в експлуатацію.

Наступним етапом є перевірка геометрії конструкції. Переконайтеся, що всі елементи правильно встановлені та відповідають проектним розмірам. Це включає перевірку вертикальності, горизонтальності, кутів та відстаней між

елементами конструкції. У разі виявлення відхилень від проекту, необхідно внести коригування до завершення контрольного огляду.

Далі здійснюється перевірка на стійкість конструкції до навантажень. Проводяться випробування, що імітують реальні умови експлуатації, такі як статичні та динамічні навантаження. Це дозволяє оцінити, чи здатна конструкція витримати ті навантаження, які будуть виникати в процесі її експлуатації. Для цього застосовуються як теоретичні розрахунки, так і практичні випробування з відповідними вимірюваннями.

Після виконання всіх перевірок та коригувань складається акт приймання конструкції. Це офіційний документ, який засвідчує, що монтаж виконаний відповідно до проекту та всіх нормативних вимог. Акт підписується представниками замовника та підрядника, а також іншими уповноваженими особами, які відповідають за технічний нагляд.

Остаточний контроль якості включає також перевірку відповідності використовуваних матеріалів вимогам стандартів і технічних умов. Всі матеріали, з яких була зібрана конструкція, повинні бути сертифіковані та відповідати нормам ДСТУ і ГОСТ. Це важливий аспект для забезпечення довговічності і безпеки конструкції.

Після завершення всіх перевірок і підписання акту приймання, конструкція готова до введення в експлуатацію. Це означає, що опорна секція башти можна використовувати за призначенням. Однак після введення в експлуатацію не менш важливим є регулярне технічне обслуговування та моніторинг стану конструкції, щоб у разі необхідності вчасно виявити будь-які дефекти або пошкодження, що можуть виникнути в процесі експлуатації.

Завершальний етап включає також оформлення документації на введення об'єкта в експлуатацію. Це включає оформлення всіх актів, сертифікатів якості, протоколів випробувань і звітів, що підтверджують відповідність конструкції всім необхідним стандартам і вимогам. Всі ці документи подаються відповідним органам для офіційного затвердження та дозволу на використання конструкції.

### **3.17 Безпека та охорона праці.**

На будівельних майданчиках, де одночасно працюють працівники кількох організацій, генеральний підрядник (генпідрядник) має розробити обов'язкові загальні заходи безпеки для забезпечення належних умов праці та збереження здоров'я всіх працівників, які залучені до будівництва башти. Ці заходи повинні бути узгоджені із усіма підприємствами та організаціями, що працюють на об'єкті.

Також має бути складений спільний графік виконання робіт, що включає етапи монтажу та зведення башти, з урахуванням специфіки кожного етапу. Цей графік повинен бути розроблений за участю всіх задіяних сторін, щоб уникнути конфліктів у процесі виконання робіт та забезпечити належне виконання заходів безпеки. Крім того, заходи повинні передбачати виконання основних вимог безпеки під час виконання робіт з повного монтажу башти, забезпечуючи контроль за безпечним виконанням монтажних робіт на всіх етапах будівництва.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

### 4.1 Техніко-економічні показники

Для оцінки проекту з економічної точки зору користуються системою основних техніко-економічних показників:

1. Кошторисна вартість будівництва об'єкту (згідно догоірної ціну )  
1157,6 тис.грн

2. Кошторисна вартість будівництва об'єкту (згідно об'єктного кошторису) 964,211 тис. грн

4. Загальні трудові витрати будівництва об'єкту 1129,14 тыс.чел-час

7. Виробітка на 1чол-день,грн 564,08 грн

Ч.ч.	Номери кошторисів та кошторисних розрахунків	Найменування глав, будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури та витрат по зведеному кошторисному розрахунку	Загальна кошторисна вартість будівництва будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури та витрат по зведеному кошторисному розрахунку, тис. грн.			
			Всього	в тому числі		
				будівельних робіт	устаткування	інших витрат
1	2	3	4	5	6	7
	Глава 2. Об'єкти основного призначення					
1	02-001	Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи	964,678	964,678		
2	02-002	Локальний кошторис на загально-будівельні роботи				
		Разом за главою № 2	964,678	964,678		
		Разом за главами № 1 - 7	964,678	964,678		
		Разом	964,678	964,678		
3		Податок на додану вартість	192,936			192,936
		Всього	1 157,614	964,678		192,936

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

Правова та нормативно-правова основа охорони праці в Україні представлена низкою документів, що регулюють питання безпеки працівників у різних галузях, включно з підприємствами, які експлуатують зв'язкові башти та антенно-щоглові споруди. До основних актів належать Конституція України, трудове законодавство, законодавчі норми щодо захисту працівників, а також спеціальні нормативні акти з охорони праці. Держава спрямовує зусилля на поліпшення умов праці, забезпечення права працівників на відпочинок, медичні послуги, а також на соціальний захист у випадках інвалідності, захворювань чи старості, що є важливим і для працівників, які виконують роботи на висотних спорудах зв'язку.

Трудове законодавство чітко визначає, що відповідальність за створення безпечних та здорових умов праці покладається на керівників підприємств і організацій. Робочі місця, включно з зонами, де здійснюється підйом на зв'язкові башти та монтаж антен, мають забезпечуватися технічно справним обладнанням та відповідати нормативним вимогам безпеки. Закон України встановлює базові принципи щодо реалізації конституційного права працівників на охорону праці й регулює всі відносини між роботодавцем та персоналом із питань гігієни праці, захисту здоров'я та створення безпечних умов, враховуючи участь державних структур у контролі. У сфері експлуатації антенно-щоглових споруд це означає, що власник або оператор зобов'язаний забезпечити безпечну організацію всіх робіт на висоті.

Вимоги, що регламентують безпечні умови праці, детально розкрито у правилах, нормативах і положеннях, обов'язкових для всіх виробничих і технічних підприємств. Сюди включають міжгалузеві стандарти, систему стандартів безпеки праці, правила електробезпеки, правила експлуатації обладнання, будівельні та санітарні норми. Усі ці норми в повному обсязі застосовуються до робіт, що виконуються на зв'язкових баштах, зокрема до монтажу антен, технічного обслуговування ретрансляторів і випробувань

обладнання, адже вони пов'язані з підвищеною небезпекою через висоту, погодні умови та електромагнітне випромінювання.

Організаційні питання охорони праці покладаються на керівників підприємства та відповідальних осіб — начальників дільниць, майстрів, бригадирів. Завдання керівництва полягає в тому, щоб забезпечити працівникам належні умови, організувати навчання, проводити інструктажі, перевіряти знання правил безпеки та контролювати виконання робіт, зокрема тих, що пов'язані з обслуговуванням зв'язкових веж. Усі організаційні заходи покликані знизити ризики нещасних випадків і гарантувати, що роботи на висоті виконуються із дотриманням технологічних і безпекових вимог.

Функції планування та впровадження заходів з охорони праці здійснює служба безпеки праці. Її структура залежить від кількості працівників: на підприємствах із великою чисельністю персоналу працюють окремі відділи, а на малих — кілька фахівців або відповідальні особи, що виконують ці функції паралельно з іншими обов'язками. У компаніях, які займаються монтажем та обслуговуванням антен на зв'язкових баштах, служба охорони праці контролює стан засобів індивідуального захисту, розробляє заходи щодо запобігання падінню з висоти, бере участь у перевітках стану веж і може зупиняти виконання робіт при виявленні небезпечних порушень. Основні завдання служби також охоплюють профілактику професійних захворювань і забезпечення працівників необхідним захисним спорядженням, таким як страхувальні системи, каски та троси.

Навчання і підготовка працівників у сфері охорони праці включають спеціалізовані програми, практичні заняття, а також проведення інструктажів різних типів: вступного, первинного, повторного, позапланового і цільового. Вступний інструктаж проводиться для всіх нових співробітників або тих, хто повернувся до виконання робіт після перерви. Первинний інструктаж проводять безпосередньо на робочому місці перед початком робіт на висоті. Повторний інструктаж призначений для регулярного нагадування правил безпеки та проводиться не рідше одного разу на півроку, а для працівників,

зайнятих на небезпечних роботах — раз на квартал. Позаплановий інструктаж проводиться у випадках змін технології, обладнання, розташування робочих зон на баштах або після перерви понад два місяці. Цільовий інструктаж проводять перед виконанням особливо небезпечних операцій, наприклад підйомом на верхні яруси антенно-щоглової споруди. До робіт на висоті не допускаються особи, які не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань правил безпеки.

Роботи на зв'язкових баштах пов'язані з низкою шкідливих та небезпечних факторів. Працівники часто працюють на відкритому повітрі за різних кліматичних умов, що ускладнює підтримання нормального мікроклімату робочого місця. Постійна зміна робочих точок на висоті, переміщення технічного обладнання й інструментів вимагають підвищеної уваги до безпеки. Недостатній рівень механізації окремих операцій створює значне фізичне навантаження, а виконання робіт на великій висоті при несприятливій погоді становить додаткову небезпеку. Нерідко виникає потреба виконувати суміжні професійні обов'язки, що збільшує ризик помилок і перенавантаження.

Фактори безпеки на таких об'єктах включають фізичні фактори — неприйнятні рівні мікроклімату, підвищену запиленість і шум від обладнання, вібрації, недостатнє освітлення робочих зон на баштах. Хімічні фактори пов'язані з можливим впливом технічних речовин, що мають токсичні або подразнювальні властивості. Біологічні загрози можуть виникати через роботу на відкритому повітрі, де є ризик контакту з мікроорганізмами. Психофізіологічні фактори включають нервові й фізичні перенавантаження, стрес, роботу у висотних умовах, що потребує високої концентрації уваги. У результаті можуть виникати професійні захворювання: обмороження, теплові удари, вібраційна хвороба, порушення слуху, зіркові перевантаження, хронічні отруєння та інші ураження.

У законодавстві України важливе місце займає Закон про забезпечення гігієни і епідемічного благополуччя населення, який містить вимоги щодо

санітарної безпеки умов праці. Його положення зобов'язують роботодавців розробляти та втілювати санітарно-епідеміологічні заходи, спрямовані на захист здоров'я працівників, включно з тими, хто працює на зв'язкових баштах, антенно-щоглових спорудах і інших об'єктах підвищеної небезпеки, де необхідне суворе дотримання вимог безпеки задля запобігання травмам та аваріям.

Основні заходи з підтримання гігієни та санітарних умов на територіях, де експлуатуються зв'язкові башти та антенно-щоглові споруди, передбачають організацію побутових та санітарних зон відповідно до генеральної схеми розміщення об'єктів інфраструктури. Однією з ключових вимог є правильне облаштування санітарних приміщень, пунктів харчування, місць відпочинку та медичних постів, розташованих на безпечній відстані від зон, де зберігаються технічні засоби, хімічні матеріали або речовини для обслуговування антен та кабельних систем. У вільних зонах навколо башт передбачається повноцінне благоустрій території та облаштування майданчиків для відпочинку персоналу. У проєктах виконання робіт враховують необхідність організації відведення дощових та паводкових вод, щоб уникнути підтоплення технічних майданчиків чи кабельних каналів.

Санітарно-побутові об'єкти повинні встановлюватися відповідно до типової проєктної документації та включати кімнати відпочинку персоналу, модульні їдальні, роздягальні, санітарні вузли, теплі приміщення для обігріву, пункти надання першої допомоги, а також технічні офіси для інженерно-технічних працівників, які здійснюють контроль за роботами на вежах. Для цих цілей використовуються мобільні контейнерні блоки з вбудованим обладнанням, які можуть багаторазово перевозитися на різні об'єкти і служити до 15 років. Кількість таких споруд визначається нормативами з урахуванням чисельності бригади, що обслуговує антенно-щоглові конструкції. При цьому гардеробні шафи повинні мати встановлені стандартами габарити — глибину 50 см, ширину 20 см і висоту 165 см, а для роздільного зберігання робочого та повсякденного одягу використовують подвійні шафи 50×33×165 см.

Кількість умивальників і змішувачів розраховується з урахуванням норми один кран на 15 працівників, які працюють у зміні. У разі відсутності поблизу польових їдалень або пунктів харчування, на території об'єкта встановлюють власні пересувні приміщення для приймання їжі. Для захисту персоналу, що обслуговує башти, від атмосферних опадів та інтенсивного сонячного випромінювання передбачаються навіси, тенти та теплі приміщення, загальна площа яких має становити не менше 0,1 м<sup>2</sup> на одну особу, але не менше 8 м<sup>2</sup> загалом. Обов'язковою є наявність аптечок і засобів першої допомоги, а при чисельності від 300 до 800 осіб організовується пункт невідкладної медичної допомоги.

Персоналу, який піднімається на значну висоту або працює у важкодоступних місцях антенно-щоглових споруд, видаються індивідуальні термоси або фляги з питною водою. Ємності мають бути оснащені щільною кришкою та встановлюватися на висоті не нижче одного метра від землі. Відповідно до вимог пожежної безпеки НАПБ України А.01.001-2004, на території об'єктів зі зв'язковими баштами необхідно розміщувати первинні засоби пожежогасіння: комплекти пожежного інструменту, вогнегасники, ящики з піском, лопати, бочки з водою та інші засоби локалізації загорянь.

Причини нещасних випадків під час робіт на антенно-щоглових спорудах мають бути ретельно досліджені, оскільки тільки глибокий аналіз дозволяє ефективно попереджати виробничі травми. До організаційних причин належать недостатній рівень навчання або неналежне проведення інструктажів, порушення вимог безпеки інженерно-технічним персоналом, неправильне планування робочих процесів або використання транспорту не за призначенням. Технічні причини пов'язані з несправністю підйомних механізмів, страхувальних пристроїв, електротехнічного обладнання, дефектами у технологічних операціях, відсутністю або недосконалістю огорожень, несправностями автоматики, сигналізації, систем заземлення та іншого обладнання, що забезпечує безпеку на висоті.

Гігієнічні причини включають вплив шкідливих факторів — пилю, випаровувань технічних матеріалів, надмірного шуму або вібрацій, які можуть спричинити гострі отруєння, травми або інші порушення здоров'я. Недостатнє освітлення робочих зон на баштах і несприятливі метеорологічні умови також підвищують ризик аварій. Психофізіологічні причини виникають через перевтому, надмірні фізичні навантаження при підйомі на вежі, монотонність роботи, неуважність або фізичну невідповідність працівника до висотно-небезпечних завдань. Ретельний аналіз усіх випадків травматизму дозволяє встановити причини та розробити заходи для їх попередження у майбутньому.

Окремої уваги потребують заходи безпеки під час виконання висотних робіт, які раніше були характерними для покрівельних операцій, а тепер стосуються монтажу обладнання на верхніх ярусах зв'язкових башт. Основні ризики включають падіння з висоти, опіки від нагрітих металевих елементів чи технічних матеріалів, порізи від гострих деталей кріплень або ушкодження при роботі з інструментом. Перш ніж приступати до підйому на башту, відповідальні особи повинні перевірити надійність опорних конструкцій, огорожень, страхувальних систем і стан металевих елементів. При нахилі конструкції або небезпеці ковзання використовуються страхувальні пояси та надійно закріплені драбини шириною не менше 0,3 м. Матеріали дозволяється піднімати тільки в передбачених проектом місцях з використанням спеціальних вантажних платформ.

Інструменти та матеріали під час перерв мають бути закріплені або спущені з висоти. Перед початком робіт технічні елементи обладнання доставляються у підготовленому вигляді. Під час роботи з гарячими або хімічними матеріалами, які застосовуються для герметизації або обробки антенних вузлів, працівники повинні бути захищені від опіків та впливу шкідливих речовин. Особлива увага приділяється роботам із нагрівальними сумішами, мастиками або іншими технічними матеріалами, які потребують контролю температури та надійності ємностей. Усі резервуари повинні мати негорючу кришку та бути оснащені приладами контролю нагріву.

Забороняється перевищення встановленої температури, а заповнювати ємності дозволено не більш ніж на  $3/4$  їх об'єму. Місця розміщення нагрівальних пристроїв визначаються з урахуванням безпечної відстані до складів, технічних приміщень і житлових споруд.

Пожежна безпека на територіях із зв'язковими баштами передбачає забезпечення подачі води для відкритого гасіння пожеж. Вода є основним засобом локалізації загорянь, окрім випадків, коли горять легкозаймисті або хімічні речовини, що реагують із водою або електрикою. подача води повинна бути можливою у будь-яку точку технічної території та до основних елементів споруд. Якщо немає можливості прокласти стаціонарний водопровід, організують відкритий резервуар або тимчасову мережу зі шлангами й насосами для оперативного гасіння. Такі системи встановлюються вже на підготовчому етапі робіт і діють протягом усього періоду експлуатації споруди.

Після завершення підготовчих робіт та формування основи під монтаж зв'язкової башти необхідно завчасно передбачити встановлення постійної системи водопостачання згідно з проектною документацією та забезпечити її підключення до основної магістралі. Розрахунок подачі води для зовнішнього пожежогасіння технічних приміщень, що обслуговують башту, здійснюється з урахуванням їхнього об'єму, категорії пожежної небезпеки та конструктивної стійкості. Тимчасова водопровідна мережа для пожежних потреб повинна мати кільцеву схему з двома підключеннями, а пожежні гідранти монтуються на відстані не більш ніж 150 метрів один від одного, до 5 метрів від стін технічних споруд та не далі 2 метрів від проїздів для транспорту.

Внутрішні пожежні крани встановлюються у приміщеннях обслуговування башт, на сходових клітках або у тамбурах, щоб забезпечувати швидкий доступ у разі займання. Вони повинні бути розміщені в закритих нішах або металевих шафах зі скляними дверцятами, укомплектовані рукавами та стволами. Кількість необхідних пожежних струменів визначається за висотою та площею технічної споруди і може змінюватися від

одного до восьми. На об'єктах заввишки понад 50 метрів передбачається окрема стоякова лінія з декількома струменями та розрахунковою витратою не менше 5 літрів води за секунду. Діаметр труб для внутрішнього протипожежного водопостачання повинен становити не менше 50 міліметрів, а крани встановлюються на висоті приблизно 1,35 метра над підлогою.

На пожежних кранах мають бути змонтовані гнучкі рукави довжиною 10–20 метрів із соплами діаметром від 13 до 22 міліметрів. У разі відсутності можливості забезпечити централізоване водопостачання допускається використання природних або штучних водойм як резервних джерел води. Для роботи насосного обладнання вода повинна бути доступною в межах 200 метрів від технічної споруди, а місця забору води обладнуються містками або майданчиками для встановлення насосів.

Пожежна безпека під час будівельно-монтажних робіт на об'єктах зв'язку залежить від розуміння найбільш поширених причин виникнення пожеж. Статистика свідчить, що основними факторами є необережне поводження з вогнем, куріння в недозволених місцях, недотримання правил виконання вогневих робіт, порушення вимог електробезпеки, неправильна експлуатація тимчасових опалювальних приладів та інші порушення нормативів. Рівень пожежної захищеності визначається ще на етапі підготовки до робіт, коли розробляється генеральний план організації території навколо зв'язкової башти.

У цьому плані передбачають розташування службових та побутових приміщень, складів, проходів, під'їзних шляхів, майданчиків для техніки, місць виконання пожежонебезпечних робіт — наприклад, приготування гарячих мастик або зварювальних операцій. Обов'язково враховується захист башти та технічних приміщень від ударів блискавки, передбачаються місця зберігання легкозаймистих рідин та газів із дотриманням норм розділення та відстаней. Тимчасові офісні або побутові модулі розміщують не ближче ніж 24 метри від основної інфраструктури.

Особливу небезпеку становлять місця складування горючих матеріалів та газових балонів, тому вони організовуються з дотриманням протипожежних розривів 24–30 метрів від технічних споруд. Балони із стисненими або зрідженими газами повинні зберігатися за правилами експлуатації судин під тиском. Будь-яка техніка, що використовується на майданчику, має розміщуватися на безпечних відстанях, залежно від ступеня вогнестійкості споруд, та не повинна перешкоджати евакуаційним шляхам.

Усі ділянки, де проводяться роботи, обладнуються первинними засобами пожежогасіння: порошковими, газовими або пінними вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, пожежними щитами з інструментом. Конкретний набір залежить від характеру робіт. Якщо роботи виконуються на висоті або в зонах зі складним доступом, обов'язково встановлюють запасні шляхи евакуації, а дерев'яні конструкції обробляють антипіренами. Усі відходи, особливо горючі, необхідно своєчасно прибирати і складати у визначених місцях.

Під час виконання малярних робіт на технічних приміщеннях та елементах башти ризики зростають через використання легкозаймистих розчинників, тому робочі зони повинні добре вентилуватися, а використання відкритого вогню суворо забороняється. Матеріали доставляються у щільно закритій тарі в об'ємі, достатньому для однієї зміни, а місця їхнього зберігання не повинні перевищувати потребу на 2–3 дні.

Під час монтажу покрівель або тимчасових накриттів на технічних приміщеннях, що обслуговують башту, особливу небезпеку створює використання горючих утеплювачів чи мастик. У таких випадках перед початком робіт встановлюють пожежні драбини, забезпечують швидкий зв'язок із пожежною службою та організовують тимчасову водопровідну лінію. Матеріали, що легко займаються, розміщують лише на обмежених ділянках, а куріння дозволяється виключно у визначених місцях.

До вогнебезпечних робіт належать зварювання, різання металу, робота з гарячими мастиками та випал легкозаймистих речовин. Такі роботи

виконуються лише з дозволу відповідального інженера, відповідно до спеціальних правил, а місця їх проведення обов'язково відокремлюються вогнестійкими екранами. Під час зварювання на висоті під робочою зоною повинен перебувати працівник, який контролює можливе потрапляння іскор на конструкції або матеріали. На робочому місці мають бути всі необхідні засоби пожежогасіння.

Щоб зменшити ризик займання при електричному прогріванні бетонних елементів технічних споруд, використовують захисні щити, заземлюють металеві конструкції та контролюють температуру нагріву. Забороняється прогрівати бетон у дерев'яній опалубці понад 80°C, якщо не використовується спеціальна негорюча ізоляція.

Під час спорудження об'єктів зв'язку необхідно дотримуватися природоохоронних вимог, передбачених у нормативних документах щодо організації будівельного виробництва. Підрядна організація повинна мати дозвіл місцевих органів влади на проведення робіт, а у випадках будівництва об'єктів з підвищеним екологічним ризиком — позитивний висновок державної екологічної експертизи. Усі проектні та організаційні документи повинні містити заходи із захисту ґрунтів, води, повітря, рослинності та тваринного світу.

Монтажні роботи в межах природоохоронних зон допускаються лише відповідно до спеціальних вимог та погоджених режимів. Забороняється знищувати дерева та кущі, якщо це не передбачено проектом, а родючий ґрунт має бути знятий і збережений для подальшого використання при благоустрої території. Тимчасові дороги повинні прокладатися з урахуванням мінімального впливу на довкілля, а всі роботи — проводитися так, щоб не спричиняти зайвого пилу чи забруднення прилеглих територій.

Будівельно-монтажні роботи в межах заборонених або охоронюваних зон, що прилягають до ділянок встановлення зв'язкових башт, повинні виконуватися виключно згідно з вимогами екологічного та санітарно-гігієнічного контролю. Усі дії мають відповідати погодженій проектній

документації та результатам державних експертиз, які встановлюють режим користування такими територіями.

На технічних майданчиках, призначених для встановлення та обслуговування телекомунікаційних башт, забороняється вирубування дерев, пошкодження чагарників або засипання кореневої системи рослин, якщо такі роботи не передбачені проєктом. Особливу увагу слід приділяти недопущенню технічної ерозії ґрунту: поверхневі стоки необхідно спрямовувати у визначені місця, а родючий шар ґрунту — знімати та зберігати для подальшого використання під час рекультивації чи озеленення прилеглих ділянок сервісної інфраструктури.

Прокладання тимчасових під'їзних доріг для монтажної техніки до вежі повинно здійснюватися так, щоб уникати зайвого пошкодження природного покриву, угідь або деревно-чагарникової рослинності. Будівельно-монтажні роботи у технічних приміщеннях, розташованих біля основи башти, мають проводитися з дотриманням норм щодо запобігання пиловиділенню та забрудненню повітря. Винос сміття та відходів допускається лише через закриті жолоби або спеціальні контейнери, що повністю запобігають розсіюванню сміття.

Під час буріння свердловин для фундаментів башти або сервісних комунікацій при досягненні водоносного горизонту необхідно передбачати заходи проти нерівномірного відтоку підземних вод. Якщо виконується штучне зміцнення ґрунтів, слід уникати забруднення нижніх водоносних шарів. Усі такі заходи повинні бути докладно визначені у кошторисній та технічній документації і безумовно дотримуватися під час будівництва.

У проєктах організації будівництва та виконання робіт для об'єктів зв'язку обов'язково закладаються вимоги щодо очищення та знезараження промислових та побутових стоків, що утворюються при монтажі та експлуатації технічного обладнання. Дотримання цих норм є обов'язковим на всіх етапах робіт.

Розробка природних ресурсів під час облаштування майданчика під башту дозволяється виключно за наявності погодженої проєктної документації та отриманих дозволів відповідних органів. Землеустрійні та меліоративні роботи, які можуть виконуватися паралельно зі спорудженням інфраструктури обслуговування телекомунікаційних об'єктів, допускаються тільки після затвердження спеціальних проєктів контролюючими установами та органами місцевого самоврядування.

Будь-які заходи з розчищення русел водойм, укріплення берегів або днопоглиблення, які можуть знадобитися під час облаштування під'їзних шляхів або комунікацій до вежі, здійснюються лише на основі спеціально розробленої та затвердженої документації відповідно до норм Водного кодексу України. Демонтаж зелених насаджень допускається лише тоді, коли він чітко визначений у затверджених матеріалах, і обов'язково має супроводжуватися компенсаційним висадженням нових дерев або кущів у кількості не меншій від демонтованої.

Організація робіт зі зняття або перенесення зелених насаджень повинна передбачати етапність, методи та умови, що дозволять зберегти місцеву фауну: при необхідності дрібні тварини та птахи повинні бути переміщені за межі зони робіт у безпечні райони. Усі заходи щодо збереження природи, рекультивації та компенсаційного озеленення повинні виконуватися відповідально та в повній відповідності до екологічних вимог.

## РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 6.1 Дослідження металевої вежі на нетипові навантаження

Вітрові навантаження на висотні будівлі мають статистично нестационарний характер, що зумовлено наявністю середньої (сталої) та пульсаційної складової тиску вітру. Пульсаційна (флуктуаційна) компонента виникає через атмосферну турбулентність і призводить до динамічних коливань споруди. Особливо чутливими до пульсаційних навантажень є будівлі баштового типу – щогли, вежі, висотні каркасні будівлі – через їхню значну гнучкість і мале загасання коливань. Як показують дослідження, саме флуктуації швидкості вітру є головним чинником вітрових коливань таких споруд, що може обмежувати їх придатність за комфортом і викликати втомні пошкодження. Тому точне моделювання пульсаційної складової вітрового навантаження є критично важливим при проектуванні висотних конструкцій. У останнє десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток методів чисельного моделювання вітрових ефектів, включно з CFD-аналізом, спектральними методами генерації вітрових навантажень та гібридними підходами, що поєднують чисельні та експериментальні методи. У цьому огляді проаналізовано сучасний стан наукових публікацій (2015–2025 рр.) щодо вдосконалення розрахункових моделей впливу пульсаційної складової вітрового навантаження на висотні будівлі. Розглянуто як зарубіжні, так і українські дослідження, з акцентом на методології моделювання турбулентних пульсацій, CFD-аналіз, комбіновані (гібридні) методи та експериментальну валідацію моделей.

#### 6.1.1 Традиційні підходи до врахування пульсаційної складової

У класичних нормах проектування вплив вітрових пульсацій зазвичай враховується через динамічний коефіцієнт або порівняльний поривний

коефіцієнт. Наприклад, українські норми (ДБН) вводять коефіцієнт динамічності  $C_d$ , який множиться на середній тиск вітру і таким чином враховує ефект пульсацій та просторової кореляції поривів вітру по висоті споруди. Такий спрощений підхід заснований на припущенні, що конструкція має першу доміную форму коливань вздовж вітру, і використовується для будівель висотою до ~50 м або зі співвідношенням сторін до 1:5. Вищі і гнучкіші будівлі потребують вже спектрального підходу або прямого динамічного аналізу. Спектральна теорія (наприклад, на основі спектра турбулентності за Девенпортом) дозволяє оцінити дисперсію відгуку будівлі, інтегруючи спектр вітрових пульсацій та передатну функцію конструкції. Українські дослідники також зробили внесок у розвиток аналітичних методів: так, Махінько (2015) запропонували чисельно-аналітичну методику для визначення вітрового навантаження на висотні споруди простої форми з урахуванням імовірнісної природи турбулентних пульсацій та динамічних характеристик конструкції. В цій методиці оцінка пульсаційної складової обмежена першою формою власних коливань вздовж вітру, що спрощує розрахунки для практичного застосування. Проте такі спрощені моделі не завжди дають достатню точність для дуже високих або нестандартних будівель, тому виникла потреба в удосконаленні розрахункових моделей пульсаційного вітрового навантаження.

### **6.1.2 Чисельне моделювання турбулентних пульсацій вітру**

Сучасні обчислювальні можливості дозволяють моделювати вітрові потоки та їх вплив на будівлі з високою точністю. Застосування Computational Fluid Dynamics (CFD) до задач вітрової інженерії (Computational Wind Engineering) стрімко зросло за останні 10 років. Численні роботи присвячені використанню RANS/LES-методів для відтворення турбулентного поля вітру навколо висотних будівель та оцінки аеродинамічних сил. Особливо ефективним виявився метод великих завихрень (LES), який може моделювати

нестационарні пульсації тиску на поверхні будівлі. Наприклад, Ельшаер та співавт. застосували LES для оцінки вітрових навантажень і коливань ізольованого та групового висотного будинку, отримавши задовільну відповідність з експериментом. Паралельно досліджуються спрощені моделі турбулентності: створюються штучні генерувальники турбулентності на вході розрахункової області, що дозволяє отримати наближене до природного поле пульсацій без надмірних витрат обчислювальних ресурсів. Однак, як відзначається в оглядах, CFD-моделювання стикається з викликами – необхідно правильно задати спектри та кореляцію пульсацій (когерентність поривів на різних висотах), вибрати адекватні турбулентні моделі та просторово-часові дискретизації. Дослідники підкреслюють, що без належної калібровки CFD не завжди достовірно відтворює характеристики природного вітру. Незважаючи на це, сучасні роботи демонструють успіхи у чисельному прогнозуванні середніх і пульсаційних складових вітрового навантаження на висотні споруди за допомогою CFD при використанні вдосконалених підходів (наприклад, детачного вихрового моделювання DES, гібридних RANS/LES схем тощо) та їх валідації за даними експериментів. З'являються і нові підходи: зокрема, розвиваються методи на основі мезоскопічної моделі решітчастого Больцмана (LBM) та застосування штучного інтелекту для оптимізації аеродинамічних характеристик будівель. Ці технології обіцяють підвищити точність і ефективність оцінки пульсаційних навантажень в перспективі. Одним із ключових елементів моделювання є урахування просторової кореляції турбулентних поривів вздовж висоти та по ширині споруди. Для цього в чисельних моделях використовують експериментально отримані функції когерентності тиску, або ж генерують просторово-корельовані часові ряди швидкості на основі заданого спектру. Так, в роботі запропоновано методику генерування штучних вітрових часових реалізацій на основі матриці спектральної щільності потужності (PSD) та її розкладу Холецкого. Згенеровані таким способом флуктуації швидкості вітру на різних рівнях будівлі мають задану кореляцію, що відповідає природній

турбулентності. Часові історії поривів застосовуються до чисельної моделі конструкції для прямого інтегрування рівнянь руху (time-history analysis). Показано, що такий підхід дає можливість детально оцінити динамічні реакції будівлі (прискорення, переміщення) у часовій області та отримати статистичні характеристики відгуку, альтернативні спектральному підходу. Зокрема, Гора та ін. (2023) виконали динамічний аналіз 151-метрового будинку в Китаї під дією вздовж-вітрових пульсацій, згенерованих за спектром турбулентності, і порівняли результати з експериментами в аеродинамічній трубі. Розбіжність пікових прискорень між чисельною симуляцією та випробуванням склала лише  $\sim 2.7\%$ , що підтверджує адекватність моделі. Це свідчить, що метод відтворення вітрових навантажень у часовій області на основі спектральних функцій та когерентності може успішно застосовуватися для оцінки пульсаційного впливу на висотні споруди і навіть враховувати можливі зміни кліматичних вітрових умов (наприклад, посилення екстремальних поривів у майбутньому кліматі, як розглянуто в цій роботі). Окремо варто згадати про поперечні коливання висотних будівель, викликані вітром (так звані across-wind ефекти). Вони часто пов'язані з відривом вихорів позаду споруди і можуть спричиняти резонансні коливання, навіть за помірного турбулентного фону. Моделювання таких ефектів потребує підвищеної просторової роздільної здатності в CFD або фізичних експериментів. У останні роки запропоновано емпірично-спектральні моделі для оцінки поперечних навантажень (напр., моделі AIJ для квадратних будівель), проте їх точність обмежена діапазоном випробуваних форм. Тому нині активно використовуються LES-моделі для дослідження вихороутворення навколо будівель нестандартної форми та визначення спектру across-wind сил. Наприклад, у роботах китайських інженерів проведено серії чисельних експериментів на типовій висотній будівлі з різними співвідношеннями сторін, щоб отримати спектральні характеристики поперечних коливань і уточнити розрахункові моделі навантаження. Такі дослідження доповнюють традиційні аеродинамічні труби, розширюючи банк даних для калібрування

інженерних методик.

### 6.1.3 Гібридні методи та експериментальна валідація

Попри успіхи чисельних методів, експериментальна валідація залишається необхідною складовою досліджень вітрових навантажень. Класичний підхід – випробування моделей будівель в атмосферній аеродинамічній трубі – і досі слугує еталоном. В сучасних установках вимірюють одночасно поля тиску (за допомогою багатоканальних датчиків) або використовують метод ВЧ-балансів основи (HFBB) для визначення інтегральних реакцій конструкції. Дані таких експериментів широко застосовуються для калібрування CFD: практично всі новітні CFD-моделі порівнюються з результатами трубних експериментів. Значна увага приділяється відтворенню в моделях правильного спектра і масштабу турбулентності набігаючого потоку, без чого неможливо отримати адекватні пульсаційні навантаження.

Одна з інновацій останніх років – розвиток реального часу гібридних експериментів, що поєднують фізичні випробування і чисельне моделювання. Моні та співавт. (2020) запропонували методику аероеластичного гібридного моделювання висотної будівлі, за якої частина жорсткості і маси конструкції моделюється чисельно, а вітровий потік і тиск – фізично в аеродинамічній трубі. Зокрема, вони виготовили спрощену модель будівлі на основі поворотної основи (для відтворення кутових коливань), а решту ступенів вільності реалізували у вигляді чисельного інтегратора зворотного зв'язку. Силовий вплив вітру вимірювався на фізичній моделі і вводився в розрахунок в реальному часі, де враховувалися пружні характеристики та демпфірування конструкції. Такий тестовий стенд дозволив імітувати аероеластичну взаємодію без виготовлення повністю гнучкої моделі, що значно підвищує оперативність досліджень. Результати показали, що методика реального часу дає співставні з традиційними аероеластичними моделями результати,

підтвердивши можливість заміни дорогих експериментів комбінованими випробуваннями. Подібні гібридні підходи є перспективними для оптимізації форм висотних будівель на ранніх стадіях проектування: інженери можуть випробувати декілька варіантів конструкції, змінюючи параметри чисельної моделі, без необхідності виготовлення нових фізичних моделей для кожного випадку. Також набуває розвитку напрямок польового моніторингу вітрових впливів. У світі реалізовано кілька проєктів із встановлення довгострокових сенсорних систем на висотних спорудах (напр., «розумні» датчики на щоглах освітлення висотою ~30–40 м, або на супер-висотних будівлях Азії). Дані, зібрані в реальних умовах, дозволяють перевірити достовірність існуючих моделей пульсацій: зіставляються виміряні спектри прискорень, амплітуди коливань з розрахунковими за нормативами та CFD. Зокрема, Xu et al. (2019) повідомляють про аналіз відгуків 600-метрового хмарочосу за записами його коливань під час сильних вітрів і порівняння з розрахунковими методами. Такі дослідження виявляють можливі резерви міцності або навпаки недостатність існуючих підходів, особливо щодо нерівномірності вітру при особливих погодних явищах (грозові шквали, смерчі), що мають короткочасний, нестационарний характер. Новітні роботи пропонують розширити стандартні моделі, запровадивши нестационарні спектри або часо-частотний аналіз для випадків шквального вітру. Це є одним з актуальних напрямків досліджень, хоча поки що єдиного підходу для врахування короткочасних поривів у нормах немає.

У зв'язку з глобальними змінами клімату, збільшенням інтенсивності штормів і ураганних явищ, а також непередбачуваністю вітрових потоків, виникає необхідність аналізу роботи конструкції в умовах нетипових навантажень, що виходять за межі стандартних розрахункових випадків. Такі умови є критично важливими для визначення запасу міцності конструкції та виявлення її потенційно слабких місць.

Метою даного розділу є дослідження поведінки металеві вежі при збільшеному вітровому навантаженні, шляхом використання методу кратного

підвищення базового нормативного вітрового тиску у 2 рази. Такий підхід імітує екстремальні умови, що можуть виникати у реальних ситуаціях, але не охоплені нормативам

## **Висновки**

Останнє десятиліття позначилося суттєвим прогресом у моделюванні пульсаційної складової вітрового навантаження на висотні споруди. Традиційні спрощені методи (коефіцієнти динамічності, квазістаціонарні підходи) поступово доповнюються і заміщуються більш точними спектральними та часовими методиками. Численні зарубіжні дослідження успішно застосували CFD-аналіз (особливо LES) для прогнозування аеродинамічних сил і відповідей будівель, однак при цьому наголошується на важливості валідації та відсутності узгоджених керівництв для інженерів-практиків

Сталева вежа, висотою  $H=42,27$  м, являє собою просторову решітчасту споруду. Стовбур вежі запроектований у вигляді зрізаної решітчастої піраміди, з розмірами при основі –  $3000 \times 3000$  мм, та у верхній частині –  $960 \times 960$  мм.

Грані вежі являють собою плоскі ферми з розкосною решіткою. Стовбур вежі складається з дев'яти секцій:

– перша секція вежі С1 (відм. з  $+0,000$  по  $+3,000$ ) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика  $140 \times 10$  м, розпірки – зі кутика  $70 \times 5$  мм, розкоси – зі кутика  $70 \times 5$ . На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика  $70 \times 5$ . З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 14 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 2,0 м;

– друга секція вежі С2 (відм. з  $+3,000$  по  $+9,000$ ) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика  $125 \times 10$  м, розпірки – зі кутика  $80 \times 6$  та нижній пояс із кутика

90x6 мм, розкоси – зі кутика 70x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– третя секція вежі С3 (відм. з +9,000 по +15,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 125x10 м, розпірки – зі кутика 70x5, розкоси – зі кутика 75x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М20 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– четверта секція вежі С4 (відм. з +15,000 по +21,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 100x8 м, розпірки – зі кутика 70x5, розкоси – зі кутика 80x6. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– п'ята секція вежі С5 (відм. з +21,000 по +27,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 90x8 м, розпірки – зі кутика 63x5, розкоси – зі кутика 75x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– шоста секція вежі С6 (відм. з +27,000 по +33,000) – пірамідальна, пояси виконані зі кутика 90x6 м, розпірки – зі кутика 63x5, розкоси – зі кутика 70x5. На рівні розпірок, встановлені діафрагми жорсткості. Діафрагми жорсткості виконані зі кутика 63x5. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16

(по 12 шт. на пояс) У верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою болтів. Висота секції складає 6,0 м;

– сьома та восьма секції вежі С7-С8 (відм. з +33,000 по +38,400) – призматична, пояси виконані зі із труби Ø76x4 мм, розпірки – зі кутика 50x4, розкоси – зі кутика 50x4. У нижній та верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 3 шт. на пояс). З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою зварювання. Висота секції складає 2,7 м;

– дев'ята секція вежі С9 (відм. з +38,400 по +42,200) – призматична, пояси виконані зі із труби Ø76x4 мм, розпірки – зі кутика 50x4 та метало стрічки 40x4, розкоси – зі кутика 50x4. У нижній та верхній частині секції до поясів приварені фланці. З'єднання секцій виконано за допомогою болтів М16 (по 3 шт. на пояс). З'єднання елементів решітки між собою та з поясами виконано за допомогою зварювання. Висота секції складає 3,8 м;

Для захисту від корозії металеві конструкції вежі покриті антикорозійним лакофарбовим покриттям. Кольори фарбування нанесені у відповідності з вимогами до денного маркування висотних споруд. У верхній частині вежі встановлені блискавки приймачі, виготовлені з круглої сталі. Світло огороження на вежі відсутнє.

Пояси в блоках запроектовано з труб, решітку - із одиночних рівнополичних кутиків, елементи діафрагм із листової сталі. Кріплення елементів решітки виконано за допомогою електродугового зварювання.

Кріплення антен РРЛ, GSM, DCS та UMTS передбачено до поясів.

Для обслуговування вежі та технологічного обладнання всередині встановлено драбини з перехідними площадками

Розрахунок екстремального вітрового навантаження У даному розділі розглядається лише одне нетипове навантаження — екстремальний вітер, що перевищує нормативні параметри, встановлені ДБН В.1.2-2:2006 або ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4.

## ПІДСУМКИ РОЗРАХУНКУ

Передані зі «СКАД Office» результати включають:

- переміщення у вузлах  $UX$ ,  $UY$ ,  $UZ$ ;
- кутові повороти  $RX$ ,  $RY$ ,  $RZ$ ;
- внутрішні зусилля в елементах ( $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$ );
- еквівалентні напруження;
- стійкість стрижнів на поздовжній вигин;
- реакції опор.

Отримані дані були використані для подальшого підбору перерізів елементів вежі, оцінки роботи вузлових з'єднань та формування креслень металоконструкцій. Графічні результати та напружено-деформований стан були експортовані у модуль «Конструктор» для подальшого оформлення.

### 6.2 Аналіз статичного розрахунків

Результати розрахунків представлені на малюнках нижче.

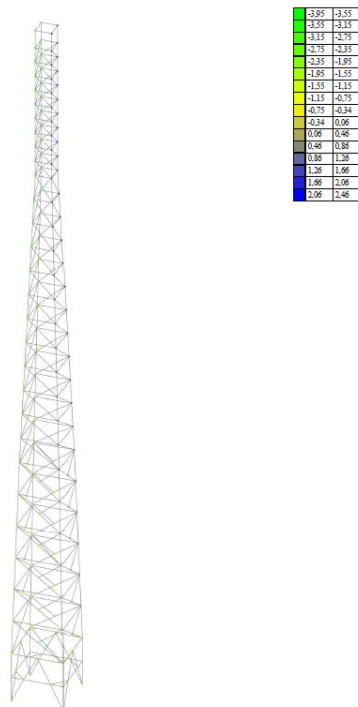


Рисунок 6.1 – Ізополя переміщень по осі  $Z$

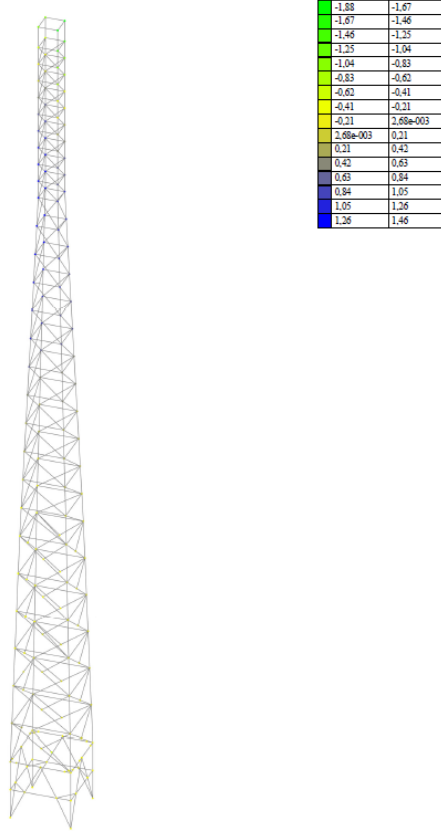


Рисунок 6.2 – Ізополя переміщень по осі Y

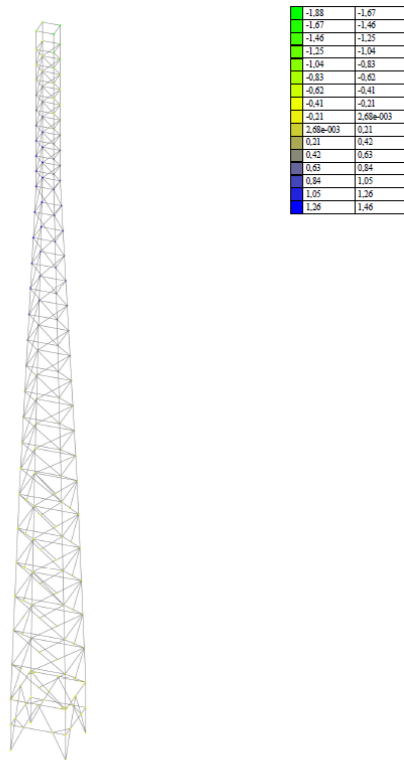


Рисунок 6.3 – Ізополя переміщень по осі X

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування», згідно п. 7 Горизонтальні граничні переміщення і прогини каркасних будівель

Розрахунковий прогин вежі становить  $f = 110,5$  мм, що не перевищує величину, яка наведена у таблиці 2:

$$f/L = 113,8/42270 = 1/371 < 1/100$$

Де  $f$  розрахунковий прогин а  $L$  висота башти

Горизонтальні граничні переміщення задовольняють вимогам.

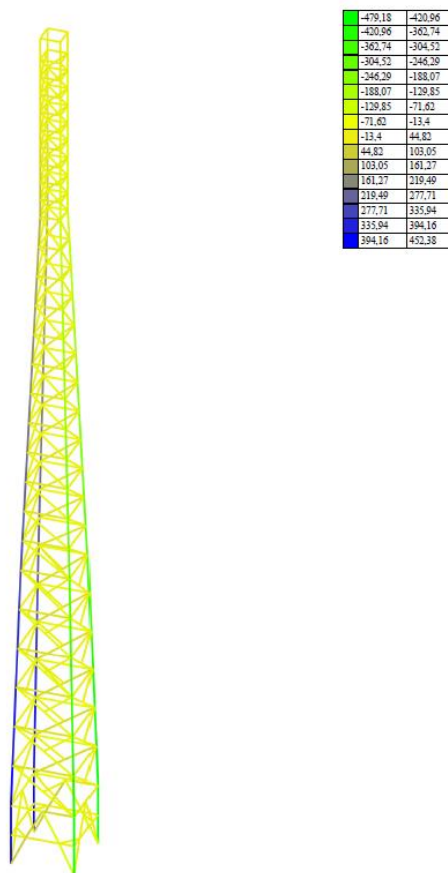
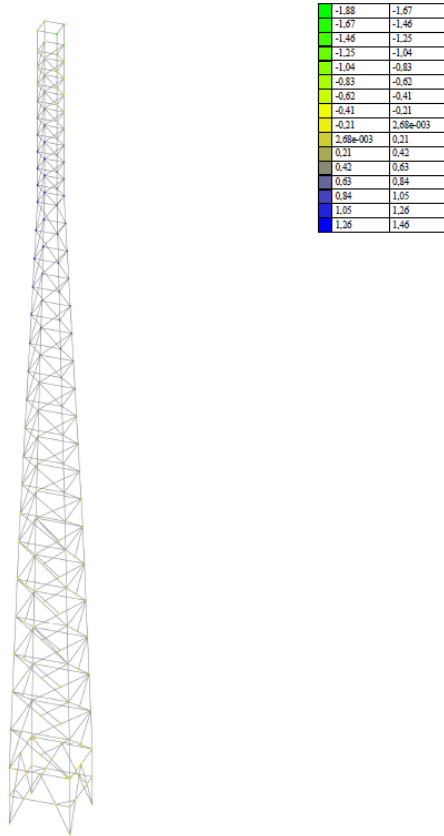
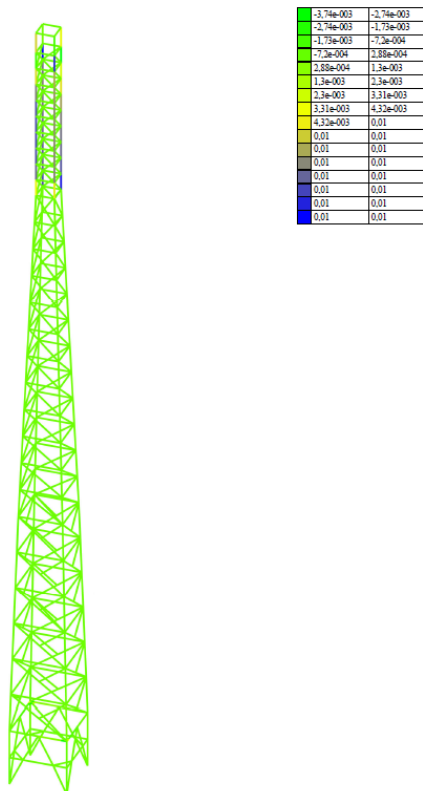
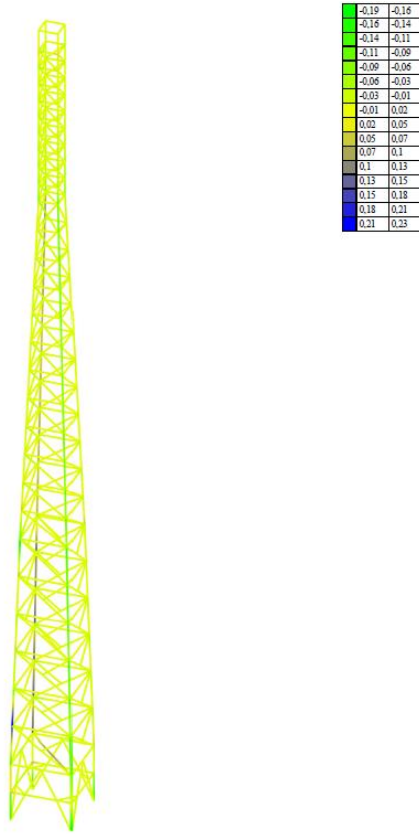
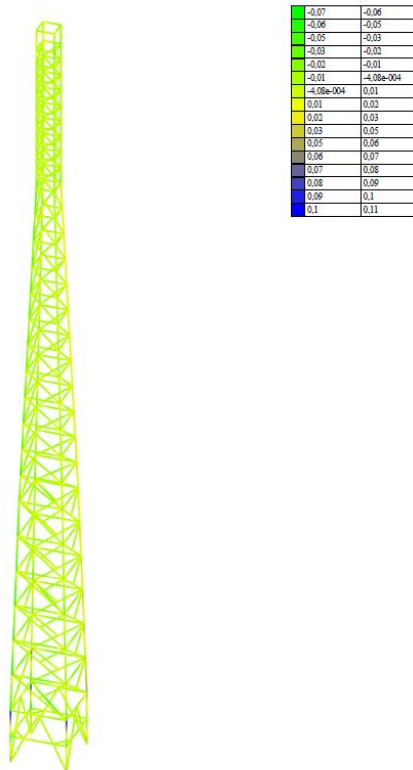
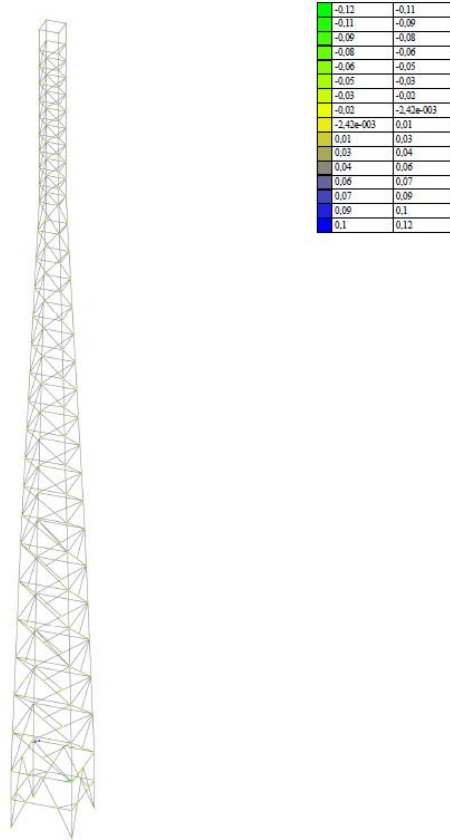
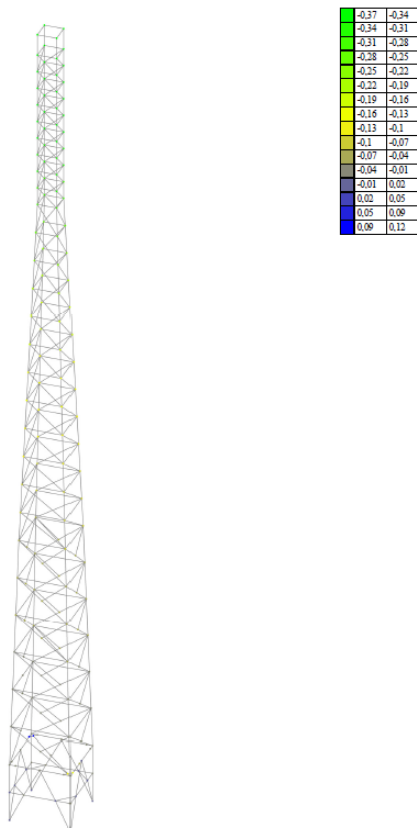


Рисунок 6.4 – Епюра  $N_x$

Рисунок 6.5 – Мозаїка  $N_y$ Рисунок 6.6 – Мозаїка напруг по  $M_x$

Рисунок 6.7 – Мозаїка напруг по  $M_y$ Рисунок 6.8 – Мозаїка напруг по  $M_x$

Рисунок 6.9 – Мозаїка напруг по  $U_x$ Рисунок 2.11 – Мозаїка напруг по  $U_y$

### 6.3 Перевірка міцності та стійкості елементів вежи

Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу при центральному стиску і при виконанні вимог [4] слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (6.1)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, значення якого при  $\bar{\lambda} > 0,4$  необхідно обчислювати за формулою

$$\varphi = \frac{0.5}{\bar{\lambda}^2} \cdot (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39\bar{\lambda}^2}) \quad (6.2)$$

Значення коефіцієнта  $\delta$  слід обчислювати за формулою

$$\delta = 9.87(1 - \alpha + \beta\lambda) + \lambda \quad (6.3)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  – коефіцієнти, що характеризують початкові неправильності форми та залишкові напруження і визначаються за [4] залежно від типу поперечного перерізу стрижня та типу кривої стійкості;  $\bar{\lambda}$  – умовна гнучкість стрижня, яка визначається за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} \quad (6.4)$$

Значення коефіцієнтів  $\varphi$ , обчислені за формулою, слід приймати не більшими за  $7,6/\bar{\lambda}^2$  у випадку, коли  $\bar{\lambda} > 3.8$  для типу кривої стійкості а,  $\bar{\lambda} > 4.4$  і  $\bar{\lambda} > 5.8$  для типів кривої стійкості відповідно b і c.

При значеннях  $\bar{\lambda} < 0.4$  для всіх типів кривої стійкості допускається приймати  $\varphi = 1.0$

Розрахунок на міцність елементів суцільного перерізу при центральному розтягу слід виконувати за формулою:

Вимоги ДБН В.2.6-198:2014 [4] по I групі граничних станів металевих конструкцій виконуються.

## Результати розрахунків елементів вежі приведені в таблиці 4.

Результати розрахунків елементів зогли																							
№	N, (кН)			Переріз	L, (см)	L <sub>ос</sub> , (см)	Тип кривот стійкості	A, (см <sup>2</sup> )	i, (см)	μ	i <sub>кр</sub> , (см)	λ	Δ	(стиск) [λ] (розтяг)	φ	N/φN <sub>A</sub> , (кН/см <sup>2</sup> )	N/A, (кН/см <sup>2</sup> )	φ <sub>с</sub>	R <sub>y</sub> φ <sub>стиск</sub> , (кН/см <sup>2</sup> ) розтяг	φ <sub>розтяг</sub>	k <sub>стиск</sub>	k <sub>с</sub>	k <sub>с2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Пояси																							
1	-479,4	452,00	кутик 140*10	150	150	0	27,33	2,83	1	150	53	1752	200	400	0,862	20,36	16,5	1	22,5	22,5	0,905	0,74	0,27
2	-450,78	148,51	кутик 125*10	200	200	0	22,33	2,47	1	200	81	2,676	200	400	0,708	28,52	6,7	1	22,5	22,5	1,268	0,30	0,40
3	-432,45	123,09	кутик 125*10	200	200	0	22,33	2,47	1	200	81	2,676	200	400	0,708	27,36	5,5	1	22,5	22,5	1,216	0,24	0,40
4	-400,78	111,94	кутик 100*8	150	150	0	15,6	2	1	150	75	2,479	200	400	0,745	34,47	7,2	1	22,5	22,5	1,532	0,32	0,38
5	-380,45	103,23	кутик 90*8	150	150	0	19,93	1,79	1	150	84	2,769	200	400	0,689	39,62	7,4	1	22,5	22,5	1,761	0,33	0,42
6	-225,53	78,97	кутик 90*8	150	150	0	10,61	1,816	1	150	83	2,730	200	400	0,697	30,49	7,4	1	22,5	22,5	1,355	0,33	0,41
7	-113,1	54,02	труба 76*4	90	90	0	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	19,43	6,0	1	22,5	22,5	0,597	0,27	0,18
8	-82,2	30,60	труба 76*4	90	90	0	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	9,76	3,4	1	22,5	22,5	0,434	0,15	0,18
9	-25,45	16,50	труба 76*4	90	90	0	9,048	2,55	1	90	35	1,166	200	400	0,931	3,02	1,8	1	22,5	22,5	0,194	0,08	0,18
Розкоси																							
1	-25,22	22,9	кутик 80*6	198	198	0	9,38	1,6	1	198	86	2,850	200	400	0,673	3,99	2,4	1	22,5	22,5	0,178	0,11	0,43
2	-15,8	14,8	кутик 75*5	157	157	0	7,39	1,514	1	157	104	3,427	200	400	0,557	3,84	2,0	1	22,5	22,5	0,171	0,09	0,52
3	-15,08	12,56	кутик 70*5	199	199	0	6,86	1,407	1	199	99	3,265	200	400	0,589	3,73	1,8	1	22,5	22,5	0,166	0,08	0,49
4	-11,84	11,82	кутик 80*6	234	234	0	9,38	1,6	1	234	146	4,833	200	400	0,337	3,74	1,3	1	22,5	22,5	0,166	0,06	0,73
5	-9,72	9,48	кутик 75*5	222	222	0	7,39	1,514	1	222	147	4,846	200	400	0,336	3,91	1,3	1	22,5	22,5	0,174	0,06	0,73
6	-9,24	9,32	кутик 75*5	195	195	0	7,39	1,514	1	195	129	4,257	200	400	0,419	3,06	1,3	1	22,5	22,5	0,156	0,06	0,64
7	-9,04	9,52	кутик 50*4	111	111	0	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	4,55	2,4	1	22,5	22,5	0,202	0,11	0,56
8	-5,92	12,5	кутик 50*4	111	111	0	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	2,98	3,2	1	22,5	22,5	0,192	0,14	0,56
9	-8,06	8,6	кутик 50*4	111	111	0	3,89	1	1	111	111	3,668	200	400	0,511	4,05	2,2	1	22,5	22,5	0,180	0,10	0,56
Розпирки																							
1	-22,12	22,12	кутик 70*5	151	151	0	6,86	1,407	0,9	156	97	3,192	200	400	0,604	5,34	3,2	1	22,5	22,5	0,237	0,14	0,48
2	-10,12	10,12	кутик 90*6	272	272	0	10,61	1,816	0,9	245	195	4,455	200	400	0,385	2,48	10	1	22,5	22,5	0,110	0,04	0,67
3	-8,52	8,52	кутик 70*5	233	233	0	6,86	1,407	0,9	210	149	4,926	200	400	0,327	3,80	1,2	1	22,5	22,5	0,169	0,06	0,75
4	-8,32	8,32	кутик 70*5	197	197	0	6,86	1,407	0,9	177	126	4,165	200	400	0,427	2,84	1,2	1	22,5	22,5	0,126	0,05	0,63
5	-6,232	6,232	кутик 63*5	159	159	0	6,19	1,261	0,9	143	119	3,750	200	400	0,496	2,05	1,0	1	22,5	22,5	0,091	0,05	0,57
6	-6,45	6,45	кутик 63*5	159	159	0	6,19	1,261	0,9	143	119	3,750	200	400	0,496	2,12	1,1	1	22,5	22,5	0,094	0,05	0,57
7	-7,51	7,51	кутик 50*4	96	96	0	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	2,87	1,9	1	22,5	22,5	0,128	0,09	0,43
8	-10,2	10,2	кутик 50*4	96	96	0	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	3,90	2,6	1	22,5	22,5	0,173	0,12	0,43
9	-14,2	14,2	кутик 50*4	96	96	0	3,89	1	0,9	86	86	2,855	200	400	0,672	5,43	3,7	1	22,5	22,5	0,241	0,16	0,43

Таблиця 2.4. Результати розрахунків елементів вежі

Вимоги ДБН В.2.6-198:2014 [4] по I групі граничних станів металевих конструкцій виконуються.

Таблиця перевірки фланцевих болтів									
№	Тип з'єднання	Найменування елемента	Площа поперечного перерізу болта A <sub>вп</sub> , A <sub>b</sub> (см <sup>2</sup> )	Розрахункове зусилля N, (кН)	К-сть болтів, (шт.)	Граничне зусилля N <sub>бт</sub> , (кН)	Клас міцності	R <sub>bt</sub> , (кН/см <sup>2</sup> )	Коеф. викорис тання
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	фланцеве	Болт М42	11,2	150,01	3	756,00	5,6	22,5	0,198
3	фланцеве	Болт М20	3,14	180,41	14	989,10	5,8	22,5	0,182
4	фланцеве	Болт М20	3,14	148,04	12	847,80	5,8	22,5	0,175
5	фланцеве	Болт М16	2,01	126,3	12	542,70	5,8	22,5	0,233
6	фланцеве	Болт М16	2,01	112,58	12	542,70	5,8	22,5	0,207
7	фланцеве	Болт М16	1,57	54,02	12	423,90	5,8	22,5	0,127
8	фланцеве	Болт М16	1,57	30,60	3	105,98	5,8	22,5	0,289
10	фланцеве	Болт М16	1,57	16,5	3	105,98	5,8	22,5	0,156

- напруження у поясах **не перевищують** граничних значень;
- напруження у розпірках **не перевищують** граничних;
- напруження у розкосах **не перевищують**;
- несуча здатність болтових з'єднань **забезпечена**
- несуча здатність з'єднань зварних швів **забезпечена**

Результати розрахунків

Висновки: У ході проведеного дослідження металевої вежі на нетипові навантаження було виконано динамічний аналіз конструкції при збільшеному

вітровому навантаженні в 2 рази. Результати розрахунків показали, що всі елементи металевої башти знаходяться у допустимих межах напружень та деформацій. Таким чином, конструкція вежі витримує перевантаження, що перевищує розрахункові значення вітру, і відповідає вимогам безпеки та міцності. Показано, що металеві елементи забезпечують надійну роботу башти навіть у разі екстремальних умов, що підтверджує її стійкість та експлуатаційну надійність.

#### **6.4 Дослідження вибору більш економічних конструктивних рішень та профілів елементів**

Оптимізація конструктивних рішень та раціональний підбір ефективних профілів елементів металевих веж є одним із ключових етапів інженерного проектування, що визначає не лише економічну доцільність проекту, а й його експлуатаційну надійність упродовж усього строку служби споруди. Правильно обрані конструктивні рішення дозволяють суттєво зменшити витрати металу, а отже – і загальну вартість виготовлення, транспортування та монтажу конструкції. Окрім цього, оптимізація конструкції сприяє підвищенню технологічності виконання робіт, зниженню трудомісткості монтажних операцій та забезпечує стабільну й передбачувану роботу вежі під дією всіх розрахункових навантажень.

У сучасній практиці проектування металевих веж оптимізація не обмежується лише зменшенням маси або вибором доступних профілів. Вона охоплює цілу систему взаємопов'язаних рішень, що враховують:

- реальні умови навантаження, включно з вертикальними, горизонтальними та динамічними впливами;
- взаємодію елементів між собою у складній просторовій системі;
- жорсткі та міцнісні характеристики кожного елемента, що визначають його роботу на стиск, розтяг, згин чи кручення;
- фактичні експлуатаційні умови — від вітрового тиску до можливих сейсмічних впливів;

- технологічні аспекти виготовлення та монтажу, включно з можливістю стандартизації елементів;
- економічні показники, такі як матеріаломісткість, вартість профілів, доступність металопрокату.

Такий комплексний підхід обумовлений тим, що металеві вежі працюють як єдина просторово-стержнева система, де зміна перерізу або жорсткості навіть одного елемента може впливати на розподіл зусиль, поведінку конструкції при вітрових навантаженнях, загальну стабільність та комфортні умови експлуатації.

Тому процес оптимізації передбачає детальний аналіз роботи кожного елемента — стійок, ригелів, діагональних зв'язків, вузлових з'єднань — з урахуванням явищ втрати стійкості, локальних концентрацій напружень, загальної жорсткості та можливості появи надмірних деформацій. Додатково розглядаються варіанти заміни стандартних профілів на більш економічні або більш раціональні за розподілом матеріалу у перерізі, що дозволяє зменшити масу конструкції без погіршення її несучої здатності.

Таким чином, оптимізація конструктивних рішень для металевих веж є не просто інженерною рекомендацією, а невід'ємною частиною сучасного проєктного підходу, що забезпечує:

- підвищення економічної ефективності проєкту,
- зростання технологічності та швидкості монтажу,
- спрощення експлуатації,
- гарантовану міцність, стійкість і довговічність конструкції.

Саме завдяки впровадженню оптимізованих профілів і раціональному підходу до конструктивної схеми вдається створити конструкцію, що відповідає сучасним інженерним вимогам, є економічно виправданою та забезпечує необхідний рівень надійності навіть за складних навантажувальних умов.

#### **6.4.1. Аналіз можливих конструктивних рішень**

На першому етапі дослідження було проведено детальний аналіз альтернативних конструктивних схем та перетинів для основних елементів вежі, таких як стійки, ригелі та діагональні зв'язки.

Стойки є головними вертикальними несучими елементами металевої вежі, на які припадає основна частина експлуатаційних та розрахункових навантажень. Вони працюють у складному напруженому стані, одночасно сприймаючи значні осьові сили стиску й згинальні моменти, що виникають під дією вітрових і сейсмічних впливів, а також під дією нерівномірних навантажень від ригелів та діагональних зв'язків.

У процесі дослідження було розглянуто кілька варіантів профілів для стійок: круглі, квадратні та прямокутні труби різної товщини стінки та співвідношення сторін. Під час оцінювання цих варіантів велике значення приділялося співвідношенню висоти до ширини профілю, оскільки саме цей параметр суттєво впливає на поздовжню та поперечну жорсткість, момент інерції, стійкість при згині та загальну ефективність роботи елемента. Вибір правильного співвідношення дозволяє досягти максимальної несучої здатності при мінімальній витраті металу, що є критично важливим для високих конструкцій із великою кількістю елементів.

Ригелі та діагональні зв'язки мають іншу, але не менш важливу функцію — вони забезпечують просторову роботу конструкції, передаючи навантаження між стійками та формуючи жорстку систему протидії горизонтальним силам, таким як вітровий тиск, пориви вітру або сейсмічні навантаження. Для цих елементів були детально проаналізовані такі типи перерізів: двотаврові балки, кутники, швелери та круглі труби. Кожен варіант оцінювався за:

- здатністю надійно працювати при розтягувальних і стискальних зусиллях;
- чутливістю до втрати стійкості;
- величиною моменту інерції та жорсткістю у відповідних площинах;

- технологічністю монтажу та обробки;
- впливом на загальну стійкість і просторову форму вежі.

В окремих випадках круглі труби продемонстрували переваги перед відкритими профілями (кутниками, швелерами), оскільки мають рівномірний розподіл матеріалу, високу стійкість проти кручення та менший опір вітровому потоку.

Особлива увага при виборі оптимальних варіантів приділялася комбінаціям профілів, коли замість стандартних труб застосовували профілі з підвищеним моментом інерції. Такий підхід дозволяє зменшити товщину стінки або габарити профілю без втрати жорсткості та міцності, а інколи — навіть покращити експлуатаційні характеристики елемента.

Збільшення моменту інерції без суттєвого збільшення маси профілю забезпечує:

- підвищення стійкості елемента до поздовжнього згину;
- зменшення прогинів і деформацій у системі;
- зниження чутливості конструкції до динамічних навантажень;
- можливість застосування тонкостінних труб без ризику втрати локальної стійкості.

У результаті комбінування профілів та застосування раціональніших перерізів вдається оптимізувати конструкцію без зниження її надійності, що є одним із ключових принципів сучасного проектування сталевих споруд.

#### 6.4.2. Розрахунковий аналіз профілів

Для оцінки ефективності запропонованих варіантів конструктивних рішень було проведено детальні розрахунки напружень, деформацій та стійкості кожного елемента під дією розрахункових навантажень.

Максимальні нормальні напруження у стержнях, що працюють на стиснення, визначалися за класичною формулою:

$$\sigma = \frac{N}{A} \left( 1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2} \right), \quad (6.5)$$

де:

- $\sigma$  — нормальне напруження у елементі,
- $N$  — осьова сила в елементі,
- $A$  — площа поперечного перерізу,
- $\lambda$  — приведена довжина стержня, яка визначається відношенням довжини елемента до його радіуса інерції.

На основі отриманих розрахункових даних було проведено порівняння кількох варіантів профілів за наступними критеріями:

1. Максимальні напруження у елементі — важливий показник, який визначає міцність конструкції.
2. Прогини та деформації — дозволяють оцінити жорсткість та роботу конструкції під навантаженням.
3. Маса та матеріаломісткість — безпосередньо впливають на економічність проекту та вартість будівництва.

Розрахункові дослідження продемонстрували, що оптимізація поперечних перерізів є дієвим способом зменшення загальної маси металоконструкції без будь-якого погіршення її міцнісних та жорсткісних характеристик. Зокрема, аналіз показав, що раціональний підбір профілів дозволяє знизити масу металу в середньому на 10–15%, при цьому всі значення напружень та деформацій залишаються в межах допустимих норм, передбачених діючими стандартами.

Особливо ефективним виявилось застосування профілів із підвищеним моментом інерції. Наприклад, заміна частини стандартних квадратних чи тонкостінних труб на круглі або прямокутні труби оптимізованого розміру забезпечила суттєве зростання жорсткості елементів при одночасному зменшенні їх маси. Це стало можливим завдяки тому, що матеріал у таких профілях розподілений більш раціонально — на більшій відстані від нейтральної осі, що збільшує момент інерції і підвищує опір елементів згинанню та втраті стійкості.

У результаті оптимізації конструкція вежі не лише зберігає необхідну несучу здатність і стійкість, але й демонструє кращу просторову роботу,

меншу чутливість до локальних деформацій і підвищену стійкість до динамічних впливів. Таким чином, раціональна заміна частини профілів на елементи з більш ефективною геометрією дає змогу досягти значної економії металу, не знижуючи надійності та експлуатаційних характеристик конструкції.

#### 6.4.3. Вибір оптимального конструктивного рішення

Проведене дослідження підтвердило, що оптимізація конструктивних рішень та вибір профілів елементів дозволяє одночасно забезпечити економічну ефективність, технологічність монтажу та високу надійність металевої вежі. Аналіз показав, що заміна частини квадратних та прямокутних труб на круглі труби дозволяє зменшити матеріаломісткість конструкції без втрати несучої здатності та жорсткості елементів.

Круглі сталеві труби продемонстрували суттєві переваги порівняно з іншими типами профілів під час їх застосування у діагональних зв'язках та ригелях металевої вежі. Завдяки своїй геометрії вони забезпечують рівномірний розподіл напружень по периметру перерізу, що прямо впливає на стабільність роботи елемента при різних видах навантажень — розтягувальних, стискуючих, згинальних і навіть крутильних. На відміну від відкритих або асиметричних профілів (кутиків, швелерів), кругла труба не має “слабких” площин жорсткості, і тому її робота залишається прогнозованою та однаково ефективною в будь-якому напрямку дії зусиль.

Крім цього, трубчасті профілі характеризуються меншою власною масою за рахунок оптимального розподілу матеріалу: метал зосереджений якомога далі від нейтральної осі, що збільшує момент інерції без потреби в зайвій товщині стінки. Це дозволяє використовувати труби меншого перерізу при збереженні тієї самої жорсткості та несучої здатності, що безпосередньо знижує матеріаломісткість конструкції.

З монтажною точки зору круглі труби також є більш раціональним рішенням. Вони:

- полегшують виконання зварювальних та болтових з'єднань завдяки простішій геометрії стикування;
- забезпечують менший парусний ефект, а отже — знижують вітрові навантаження на конструкцію в процесі підйому та встановлення;
- дозволяють стандартизувати більшу частину елементів, що прискорює виготовлення та скорочує час монтажу.

У сукупності ці фактори забезпечують загальне зниження витрат металу на 10–15% порівняно з використанням квадратних чи прямокутних труб або відкритих профілів. При цьому всі основні критерії міцності та стійкості конструкції — напруження, деформації, стійкість до втрати форми, жорсткість у площині та поза площиною — залишаються повністю дотриманими відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Таким чином, застосування круглих труб у ролі діагональних зв'язків і ригелів є технічно й економічно обґрунтованим рішенням, яке не лише покращує роботу конструктивної системи, але й забезпечує значну економію матеріалів без найменшого зниження надійності металеві вежі.

Таким чином, впровадження оптимізованих профілів, зокрема застосування круглих сталевих труб у несучих та допоміжних елементах металевих веж, є технічно обґрунтованим і надзвичайно ефективним рішенням. Результати проведеного аналізу переконливо демонструють, що раціональний вибір перерізів не лише сприяє зниженню загальної матеріаломісткості конструкції, але й забезпечує підвищення технологічності виготовлення та монтажу, що особливо важливо для споруд, які зводяться у складних умовах або на значних висотах.

Круглі труби, завдяки своїм геометричним перевагам, забезпечують рівномірний розподіл напружень, мають вищі показники жорсткості та стійкості при меншій масі, а також значно спрощують процес з'єднання елементів у вузлах конструкції. Це дозволяє оптимізувати логістику, скоротити час монтажу та підвищити надійність експлуатаційних характеристик вежі.

Важливо підкреслити, що досягнута економія металу — на рівні 10–15% — не супроводжується зниженням міцності або погіршенням деформаційних параметрів конструкції. Навпаки, оптимізована система профілів сприяє покращенню просторової роботи вежі, підвищує її стабільність під дією вітрових, сейсмічних та інших динамічних навантажень.

Отже, застосування оптимізованих профілів, зокрема круглих труб, можна вважати одним із найбільш раціональних рішень сучасного проектування металевих веж, що забезпечує баланс між економічністю, технологічністю та високим рівнем безпеки конструкції на всіх етапах її життєвого циклу — від виготовлення до експлуатації.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б А.2.4-6:2009 Правила виконання робочої документації генеральних планів, – 30с.
2. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», К.: Мінрегіон України, 2017, – 47с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Чинний від 01.11.2011], 80с. (Інформація та документація).
4. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. – К.: Кондор, 200–521 с.
5. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник / А.М. Дорош. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 255 с.
6. Система проектної документації для будівництва. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 1 січня 2007]. – К. : Держстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національні стандарти України).
7. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.
8. Організація і планування будівництва / В.М. Майданов, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. – К.: Урожай, 1993. – 384с.
9. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
10. ДСТУ 9273:2024 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість.
11. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності. Основні

вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації.

12. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи».
13. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення.
14. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування», Київ, 2014 р.
15. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
16. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будівель і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення.
17. Пособия по обследованию строительных конструкций, – АО ЦНИИ промзданий, Москва, 1997г.
18. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
19. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування.
20. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються.
21. Инструкция по эксплуатации металлических антенных сооружений радиорелейных линий связи, Москва, 1982г.
22. Закон України Про охорону праці» (в редакції Закону №229-IV (229-15) від 21.11.2002, ВВР, 2003, №2, ст. 10).
23. ДСТУ Б В.2.6-200:2014 Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу», м. Київ, 2014р.
24. ДБН В.1.2-14-2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
25. ГОСТ 22687 Стойки конические железобетонные».
26. ОСТ 45,27-84 Металеві вежі та вежі радіопідприємств».
27. Махінько А. В., Махінько Н. В. Обґрунтування аналітичного підходу до динамічного розрахунку висотних споруд простої архітектурної форми на дію вітру // Будівельні матеріали, конструкції та споруди: Збірник наук. праць УкрДУЗТ. – 2015. – Вип. 157. – С. 66–72.

28. Кравченко Г. М., Труфанова Є. В., Кондрик І. В., Хатхоху І. А. Моделювання пульсаційної складової вітрового навантаження на каркас будівлі за декількома методиками розрахунку // Інженерний вісник Дону. – 2017. – №4. – С. публікація 4517. (doi: 10.18550/2017.4.4517)
29. Wijesooriya K., Mohotti D., Lee C. K., Mendis P. A technical review of computational fluid dynamics (CFD) applications on wind design of tall buildings and structures: Past, present and future // Journal of Building Engineering. – 2023. – Vol. 74. – 106828
30. Gora A., Huang M., Wang C., Zhang R. Wind-Induced Dynamic Performance Evaluation of Tall Buildings Considering Future Wind Climate // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 15, No. 9. – Art. 5073 (25 pp.)
31. Moni M., Hwang Y., Kwon O.-S., Kim H.-K., Jeong U. Y. Real-Time Aeroelastic Hybrid Simulation of a Base-Pivoting Building Model in a Wind Tunnel // Frontiers in Built Environment. – 2020. – Vol. 6. – Art. 560672
32. Elshaer A., Aboshosha H., Bitsuamlak G., El Damatty A., Dagnew A. LES evaluation of wind-induced responses for an isolated and a surrounded tall building // Engineering Structures. – 2016. – 115: 179–195.
33. Гора А., Хуанг М., Ван Ч., Чжан Ж. Динамічна реакція висотної будівлі на дію вітру з урахуванням майбутнього клімату вітрових навантажень // Прикладна гідромеханіка і інженерія. – 2023. – Т. 15, №9. – С. 5073

## Зведення башти зв'язку

ЗАТВЕРДЖУЮ:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

**Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-001**

на \_\_\_\_\_ Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: креслення(специфікації)№	Кошторисна вартість	964.678 тис. грн.
	Кошторисна трудомісткість	1.12914 тис. люд.-год
	Кошторисна заробітна плата	85.219 тис. грн.
	Середній розряд робіт	3.2 розряд

Складений в поточних цінах станом на 20 жовтня 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Розділ № 1 ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ</b>											
1	КБ1-195-3	Корчування дерев у ґрунтах природного залягання викорчовувачами-збирачами на тракторі потужністю 79 кВт [108 к.с.] з трелюванням до 100 м, діаметр дерев до 32 см	100шт дерев	0.05	8845.72	7983.81	442	43	399	13.9400	0.70
					861.91	1473.96			74		
	ТСО-2-3	Витрати труда робітників-будівельників розряду 2,3	люд-год	13.94	61.83	0.697	43.10	43.10	267.92	1.3200	0.5432
					0.697						
КБМ201-3 12	Трактори на гусеничному ході, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	8.23	651.07	651.07	267.92	51.19	1.3200	0.5432		
				0.4115	124.40					51.19	1.3200

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ209-5 01	Викорчовувачі-збирачі з трактором потужністю 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	3.2	820.47	820.47	131.28		131.28		
				0.16		140.67				22.51	1.4700
2	КБ1-191-5	Звалювання дерев м'яких порід з кореня, діаметр стволів до 32 см	100шт дерев	0.05	2266.14	-	113	83	-	22.7800	1.14
					1656.79	-					
	ТСО-3-8	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,8	люд- год	22.78	72.73		82.84	82.84			
				1.139							
3	КБМ270-1 07	Бензопилка	маш-г	18.7	32.59		30.47				
				0.935							
	КБ1-202-1	Вивезення пнів тракторними причепами 2 т на відстань до 100 м, діаметр дерев до 32 см	100 пнів	0.05	1900.20	1641.98	95	13	82	4.3000	0.22
					258.22	315.42				16	3.3839
	ТСО-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 2	люд- год	4.3	60.05		12.91	12.91			
				0.215							
	КБМ201-2 01	Причіпи тракторні, вантажопідйомність 2,0 т	маш-г	2.47	13.70	13.70	1.69		1.69		
				0.1235		3.30				0.41	0.0500
	КБМ201-3 12	Трактори на гусеничному ходу, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	2.47	651.07	651.07	80.41		80.41		
				0.1235		124.40				15.36	1.3200
4	КБ1-199-1	Засипання підкорінних ям бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.]	100ям	0.05	2834.50	2834.50	142	-	142		
						461.30				23	4.7520
	КБМ207-1 49	Бульдозери, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	3.6	787.36	787.36	141.72		141.72		
				0.18		128.14				23.07	1.3200

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	КБ10-44-1	Улаштування огорожі глухої з установленням стовпів	100 м2 огорожі	0.34	78880.48	4757.45	26819	6094	1618	261.6400	88.96	
									361			
					17922.34	1060.32				11.0846	3.77	
	ТСО-3-3	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,3	люд-год	261.64	88.9576	68.50		6093.60	6093.60			
	КБМ202-1141	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 10 т	маш-г	7.38	2.5092	643.87	643.87	1615.60		1615.60		
									143.53		360.15	1.5000
	КБМ234-101	Агрегати фарбувальні високого тиску для фарбування поверхонь конструкцій, потужність 1 кВт	маш-г	0.73	0.2482	7.79	7.79	1.93		1.93		
									1.46		0.36	0.0200
	КБМ270-90	Пилка дискова електрична	маш-г	8.3	2.822	1.48		4.18				
	КБМ270-115	Дрилі електричні	маш-г	6.34	2.1556	2.08		4.48				
	КБМ270-120	Рубанки електричні	маш-г	2.53	0.8602	2.82		2.43				
С111-88	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 6 мм	т	0.0093	0.003162	84341.02		266.69					
С111-181	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,8x60 мм	т	0.01416	0.004814	56439.78		271.72					
С112-8	Лісоматеріали круглі хвойних порід для будівництва, довжина 3-6,5 м, діаметр 14-24 см	м3	1.77	0.6018	6774.67		4077.00					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6	C112-24	Бруски обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 40-75 мм, II сорт	м3	1.01 0.3434	8669.47		2977.10					
	C112-49	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 19,22 мм, III сорт	м3	2.59 0.8806	10033.1 2		8835.17					
	C112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	м3	0.8 0.272	9212.17		2505.71					
	P2016-796	Цегла глиняна звичайна	1000шт	0.032 0.01088	-		-					
	C1113-292	Паста антисептична	т	0.01065 0.00362 1	45229.5 6		163.78					
	KB7-25-1	Улаштування воріт двостулкових з установленням металевих стовпів	100шт	0.01	480461. 87	105855. 75	4805	1950	1059 243	2581.00 00	25.81	
					195020. 36	24272.4 2				269.663 2	2.70	
	ТСО-4-1	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,1	люд-год	2581.0 25.81	75.56		1950.20	1950.20				
	КБМ201-1 2	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-г	48.84 0.4884	355.95	355.95	173.85			173.85		
						99.02				48.36	1.3300	0.6496
	КБМ202-1 141	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 10 т	маш-г	128.04 1.2804	643.87	643.87	824.41			824.41		
						143.53				183.78	1.5000	1.9206

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ204-5 02	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш-г	53.65	39.93	39.93	21.42		21.42		
				0.5365		1.48			0.79		
	КБМ206-2 46	Екскаватори одноковшеві дизельні на гусеничному ході, місткість ковша 0,4 м3	маш-г	8.15	477.03	477.03	38.88		38.88		
				0.0815		120.16			9.79		
	КБМ270-5 0	Вібратори для усіх видів будівництва, крім гідротехнічного	маш-г	90.63	4.68		4.24				
				0.9063							
	К53-6161- 100	Ворота утеплені з полотнами, обшитими струганими дошками, глухі марки ВРГ30-30 ГОСТ 18853-73	шт	200.0	209.37		418.74				
				2.0							
	К53-6161- 200	Ворота утеплені з полотнами, обшитими струганими дошками, глухі марки ВРГ30-27 ГОСТ 18853-73	шт	200.0	187.90		375.80				
				2.0							
	С111-88	Болти із шестигранною головкою, діаметр різьби 6 мм	т	0.16	84341.0	2	134.95				
				0.0016							
	С111-1529	Електроди, діаметр 6 мм, марка Э42	т	0.03	96406.5	2	28.92				
				0.0003							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7	C1422-109 36	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М100	1000шт	0.106	6854.32		7.27					
				0.00106								
	C1424-116 19	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В7,5 [М100], крупність заповнювача більше 10 до 20 мм	м3	29.1	2835.89		825.24					
				0.291								
	C1425-116 80	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М25	м3	0.031	2256.84		0.70					
				0.00031								
	КБ7-25-8	Улаштування хвiрток з установленням стовпів металевих	100шт	0.01	802719	3776.85	80272	873	38	1138.25	11.38	
					8.89999 9999							
	ТСО-4-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,2	люд- год	1138.25	76.73	909.80	873.38	873.38				
					87337.9 2							
	КБМ201-1 2	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-г	8.85	355.95	355.95	31.50		31.50			
					0.0885							
	КБМ204-5 02	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш-г	14.5	39.93	39.93	5.79		5.79			
					0.145							
КБМ206-2 46	Екскаватори одноковшеві дизельні на гусеничному ходу, місткість ковша 0,4 м3	маш-г	0.1	477.03	477.03	0.48		0.48				
				0.001								120.16
									9	12.2025	0.12	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ270-5 0	Вібратори для усіх видів будівництва, крім гідротехнічного	маш-г	90.63 0.9063	4.68		4.24				
	К53-6161- 1900	Ворота неутеплені з полотнами, обшитими з одного боку струганими дошками, із хврткою марки ВРК30-30 ГОСТ 18853-73	шт	100.0 1.0	154.76		154.76				
	С111-1529	Електроди, діаметр 6 мм, марка Э42	т	0.02 0.0002	96406.5 2		19.28				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	C121-545	Основні несучі конструкції каркасів одноповерхових промислових будівель: колони, опорні плити, підкранові балки з гальмувальними конструкціями, деталями кріплення рейок та тупиками, колії підвісного транспорту, кроквяні та підкроквяні ферми або балки, надколоники, прогони, зв'язки, фахверкові стояки, стінові ригелі, вітрові ферми, безкранові або з підвісним транспортом, або з мостовими кранами вантажопідйомністю до 50 т, прогонами до 36 м, при шазі колон до 12 м, цільнометалеві із застосуванням профільованого настилу в покритті, витрата сталі на 1 м2 до 70 кг	т	100.0 1.0	79037.8 9		79037.8 9				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ201-1 2	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-г	0.75	355.95	355.95	266.96		266.96		
				0.75		99.02			74.27		
	КБМ202-1 28	Крани баштові, вантажопідйомність 5 т	маш-г	0.07	280.47	280.47	19.63		19.63		
				0.07		113.50			7.95		
	КБМ202-1 141	Крани на автомобільному ходу, вантажопідйомність 10 т	маш-г	0.05	643.87	643.87	32.19		32.19		
				0.05		143.53			7.18		
	КБМ204-5 02	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш-г	2.82	39.93	39.93	112.60		112.60		
				2.82		1.48			4.17		
	КБМ270-1 06	Апарат для газового зварювання і різання	маш-г	4.43	-	-	-		-		
				4.43		-			-		
	С111-63	Ацетилен розчинений технічний, марка А	т	0.00016	785253. 56	-	125.64		-		
				0.00016		-					
	С111-324	Кисень технічний газоподібний	м3	0.9	59.44	-	53.50		-		
				0.9		-					
	С111-1522	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0.0034	105979. 17	-	360.33		-		
				0.0034		-					
	С113-470	Труби сталеві безшовні гарячедеформовані із сталі марки 15, 20, 25, зовнішній діаметр 219 мм, товщина стінки 7 мм	м	0.4	2313.17	-	925.27		-		
				0.4		-					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	C130-41	Болти з гайками та шайбами, діаметр 20-22 мм	т	0.0025	71488.4		178.72				
				0.0025	3						
	C130-972	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 200 мм	шт	1.0	1270.37		1270.37				
				1.0							
	C1541-66	Прокладки з пароніту, марка ПМБ, товщина 1 мм, діаметр 200 мм	1000шт	0.001	23322.9		23.32				
				0.001	5						
	C1630-70	Засувки паралельні фланцеві з висувним шпінделем 30ч6бр для води та пари, тиск 1 МПа [10 кгс/см <sup>2</sup> ], діаметр 200 мм	шт	1.0	10542.9		10542.9				
				1.0	4		4				
	КМ8-141-1	Кабель до 35 кВ, що прокладається у готових траншеях без покриттів, маса 1 м до 1 кг	100 м	0.3	3891.01	571.70	1167	384	172	17.6000	5.28
						1280.05	135.30		41	1.5792	0.47
ТСО-3-8	Витрати труда робітників-монтажників розряду 3,8	люд-год	17.6	72.73		384.01	384.01				
			5.28								
КБМ201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-г	0.56	355.95	355.95	59.80		59.80			
			0.168			99.02		16.64	1.3300	0.2234	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ202-1 102	Крани на автомобільному ходу при роботі на монтажі технологічного устаткування, вантажопідйомність 10 т	маш-г	0.56	664.95	664.95	111.71		111.71		
				0.168		142.58			23.95		
	КБМ203-2 04	Домкрати гідравлічні, вантажопідйомність до 100 т	маш-г	4.43	5.57		7.40				
				1.329							
	КБМ203-4 05	Лебідки електричні, тягове зусилля до 49,05 кН [5 т]	маш-г	4.43	7.38		9.81				
				1.329							
	КБМ204-9 00	Трансформатори зварювальні з номінальним зварювальним струмом 315-500 А	маш-г	0.62	27.18		5.06				
				0.186							
	С111-310	Каніфоль соснова	т	0.00006	152171. 88		2.74				
				0.00001 8							
	С111-411	Фарба олійна густотерта для зовнішніх робіт МА- 015 світло-бежева	т	0.00025	61789.1 0		4.63				
				0.00007 5							
	С111-1129	Товстолистовий прокат із вуглецевої сталі звичайної якості гарячекатаний з обрізними кромками, товщина 9-12 мм, сталь марки Ст3сп	т	0.001	55269.0 8		16.58				
				0.0003							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	C111-1658	Лак бітумний, марка БТ-123	т	0.00006	84757.5		1.53				
				0.000018	4						
	C113-20	Труби сталеві зварні водогазопровідні з різьбою, чорні звичайні неоцинковані, діаметр умовного проходу 80 мм, товщина стінки 4 мм	м	3.12	378.42		354.20				
				0.936							
	C1110-111	Дріт сталевий оцинкований, діаметр 2 мм	т	0.00004	47790.3		0.57				
				0.000012	0						
	C1110-173	Сталь кутова 50x50 мм	т	0.01	41147.0		123.44				
				0.003	0						
	C1517-164	Листи свинцеві марки С0, нормальної точності, товщина 1,0 мм	т	0.0008	148876.50		35.73				
				0.00024							
	C1545-4	Бірка маркувальна	100шт	0.0408	159.99		1.96				
			0.01224								
C1545-70	Кнопка К227	100шт	0.0832	33.59		0.84					
			0.02496								
C1545-101	Стрічка монтажна ЛМ	100м	0.0096	385.21		1.11					
			0.00288								
C1546-63	Припой ПОС-18	т	0.0005	307898.84		46.18					
			0.00015								
11	КМ39-5-1	Монтаж шафи та підключення кабелів або проводів зовнішньої мережі до апаратів та приладів розподільної силової шафи ШРС1-20, -50	пристрій	1.0	9579.01	660.29	9579	1550	660	20.5100	20.51
					1549.74	148.28			148	1.7524	1.75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ТСО-4-1	Витрати труда робітників-монтажників розряду 4,1	люд- год	20.51	75.56		1549.74	1549.74			
				20.51							
	КБМ201-1 1	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 3 т	маш-г	0.61	283.63	283.63	173.01		173.01		
				0.61		91.64			55.90		
	КБМ202-1 102	Крани на автомобільному ході при роботі на монтажі технологічного устаткування, вантажопідйомність 10 т	маш-г	0.61	664.95	664.95	405.62		405.62		
				0.61		142.58			86.97		
	КБМ204-5 02	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш-г	1.44	39.93	39.93	57.50		57.50		
				1.44		1.48			2.13		
	КБМ233-3 30	Прес гідравлічний з електроприводом	маш-г	4.61	5.24	5.24	24.16		24.16		
				4.61		0.71			3.27		
	С111-1504	Електроди, діаметр 2 мм, марка Э42	т	0.0003	122362. 31		36.71				
				0.0003							
	С111-1672	Емаль МС-17, пісочна	т	0.00005	103457. 54		5.17				
				0.00005							
	С111-1683	Стрічка поліетиленова з липким шаром, марка А	кг	0.14	263.34		36.87				
				0.14							
	С111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0.00083	154698. 85		128.40				
				0.00083							
	С111-1893	Шпагат ув'язувальний з луб'яних волокон	кг	0.02	144.82		2.90				
				0.02							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	C121-783	Металоконструкції індивідуальні	т	0.03	105615.64		3168.47					
				0.03								
	C1522-26	Припої олов'яно-свинцеві безсурм'янисті в чушках, марка ПОС40	т	0.00001	798275.05		7.98					
				0.00001								
	C1545-7	Бірка-прикінцевлювач А631, А671	100шт	0.29	91.30		26.48					
				0.29								
	C1545-70	Кнопка К227	100шт	0.66	33.59		22.17					
				0.66								
	C1545-101	Стрічка монтажна ЛМ	100м	0.03	385.21		11.56					
				0.03								
	C1545-153	Наконечники кабельні	шт	28.56	130.94		3739.65					
				28.56								
	C1545-156	Нитки швейні	кг	0.01	291.71		2.92					
				0.01								
	C1545-169	Перемичка заземлювальна	шт	1.0	158.16		158.16					
				1.0								
	C1546-7	Вазелін технічний	т	0.00004	126992.00		5.08					
				0.00004								
	C1546-35	Лак електроізолювальний N318	т	0.00006	274618.10		16.48					
				0.00006								
	<b>Разом прямих витрат по розділу № 1</b>							138622	12231	4637	171.06	
									1015		11.30	
	Прямі витрати будівельних робіт						грн.	127876				
	вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	113774				
	вартість ЕММ						грн.	3805				
	в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		826			
	заробітна плата робітників						грн.		10297			
	всього заробітна плата						грн.		11123			
	витрати труда робітників						люд-г				145	
	витрати труда в ЕММ						люд-г				9	
	всього витрати труда						люд-г				154	
	Загальновиробничі витрати						грн.	6369				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					18
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		2104			
		Всього вартість будівельних робіт				грн.	134245				
		Прямі витрати монтажних робіт				грн.	10746				
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	7980				
		вартість ЕММ				грн.	832				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		189			
		заробітна плата робітників				грн.		1934			
		всього заробітна плата				грн.		2123			
		витрати труда робітників				люд-г					26
		витрати труда в ЕММ				люд-г					2
		всього витрати труда				люд-г					28
		Загальновиробничі витрати				грн.	1096				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					3
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		313			
		Всього вартість монтажних робіт				грн.	11842				
		Разом прямі витрати по розділу				грн.	138622				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	121754				
		вартість ЕММ				грн.	4637				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		1015			
		заробітна плата робітників				грн.		12231			
		всього заробітна плата				грн.		13246			
		Загальновиробничі витрати				грн.	7465				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		трудомісткість в загальнови­робничих витратах					люд-г				20.98	
		заробітна плата в загальнови­робничих витратах					грн.	2417				
		<b>Всього по розділу</b>					грн.	146087				
		Кошторисна трудомісткість					люд-г				203.34	
		Кошторисна заробітна плата					грн.	15663				
		<b>Розділ № 2 Земляні роботи</b>										
12	КБ1-12-1	Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами 'драглайн' або 'зворотна лопата' з ковшом місткістю 1 [1-1,2] м3, група ґрунтів 1	1000 м3 ґрунту	0.15	20365.13	19876.92		3055	73	2982	8.1300	1.22
					488.21	4218.98				633	49.8576	7.48
	ТСО-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 2	люд-год	8.13	60.05			73.23	73.23			
				1.2195								
	КБМ206-2 49	Екскаватори одноковшеві дизельні на гусеничному ході, місткість ковша 1 м3	маш-г	17.68	1124.26	1124.26		2981.54		2981.54		
				2.652		238.63				632.85	2.8200	7.4786
13	КБ1-16-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими електричними на гусеничному ході з ковшом місткістю 2,5 [1,5-3] м3, група ґрунтів 1	1000 м3 ґрунту	0.15	12737.57	12148.64		1911	85	1822	8.2600	1.24
					565.81	3605.49				541	41.3838	6.21



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
16	КБМ207-1 49	Бульдозери, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	15.91	787.36	787.36	2718.34		2718.34			
				3.45247		128.14						
	С112-180	Дошки обрізні з берези, липи, довжина 2-3,75 м, усі ширини, товщина 25, 32, 40 мм, I сорт	м3	0.03	14214.0 5		92.53			442.40	1.3200	4.5573
				0.00651								
	КБ29-217- 8	Засипання піском бульдозером з ущільненням механічними котками захисних стін у котлованах зі скосами і перекриттів тунелів	100м3 засипан ня	0.35	93263.8 3	5035.03	32642		-	1762	-	-
					-	810.43				284	9.0181	3.16
	КБМ201-3 11	Трактори на гусеничному ходу, потужність 59 кВт [80 к.с.]	маш-г	1.3	562.11	562.11	255.76			255.76		
				0.455		103.49				47.09	1.2400	0.5642
	КБМ207-1 02	Бульдозери при роботі на гідроенергетичному будівництві та гірничорозкривних роботах, потужність 79 кВт [108 к.с.]	маш-г	5.59	757.06	757.06	1481.19			1481.19		
				1.9565		117.92				230.71	1.2900	2.5239
	КБМ212-7 01	Котки дорожні причіпні кулачкові, маса 8 т	маш-г	1.3	55.63	55.63	25.31			25.31		
				0.455		12.86				5.85	0.1500	0.0682
С1421-106 34	Пісок природний, рядовий	м3	110.0	802.08		30880.0 8						
			38.5									
<b>Разом прямих витрат по розділу № 2</b>							117474	8695	77802		139.32	
									10325		121.77	
Разом прямі витрати по розділу						грн.	117474					
в тому числі:												

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	30977				
		вартість ЕММ				грн.	77802				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		10325			
		заробітна плата робітників				грн.		8695			
		всього заробітна плата				грн.		19020			
		Загальновиробничі витрати				грн.	10900				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					31.51
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		3637			
		<b>Всього по розділу</b>				грн.	128374				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					292.60
		Кошторисна заробітна плата				грн.		22657			
		<b>Розділ № 3 Фундаменти</b>									
17	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	1.0	281780.84	2329.72	281781	9493	2330890	150.700	150.70
					9492.59	890.07				10.6641	10.66
	ТСО-2-5	Витрати труда робітників-будівельників розряду 2,5	люд-год	150.7	62.99		9492.59	9492.59			
				150.7							
	КБМ202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-г	6.97	334.25	334.25	2329.72		2329.72		
				6.97		127.70					
									890.07	1.5300	10.6641
	КБМ211-101	Бадді, місткість 2 м3	маш-г	11.0	-		-				
				11.0							
	КБМ270-116	Вібратори поверхневі	маш-г	28.5	4.67		133.09				
				28.5							
	С111-1757	Рядно	м2	250.0	45.20		11300.00				
				250.0							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
18	C142-10-2	Вода	м3	1.75	30.0300		52.55					
				1.75	0							
	C1424-116 08	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В3,5 [М50], крупність заповнювача більше 20 до 40 мм	м3	102.0	2534.05		258473.10					
				102.0								
	КБ6-1-16	Улаштування фундаментних плит залізобетонних плоских	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	1.0	350059.96	8489.25	350060	17085	8489	249.410	249.41	
									2709	0		
					17084.59	2709.27				32.7235	32.72	
	ТСО-3-3	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,3	люд-год	249.41	68.50		17084.58	17084.58				
				249.41								
	КБМ202-1 29	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-г	20.41	334.25	334.25	6822.04		6822.04			
				20.41		127.70				2606.36	1.5300	31.2273
	КБМ203-1 01	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш-г	0.03	532.74	532.74	15.98		15.98			
				0.03		103.48				3.10	1.3900	0.0417
	КБМ204-5 02	Установка для зварювання ручного дугового [постійного струму]	маш-г	24.3	39.93	39.93	970.30		970.30			
				24.3		1.48				35.96	0.0200	0.4860
КБМ233-3 45	Прес-ножиці комбіновані	маш-г	7.45	91.40	91.40	680.93		680.93				
			7.45		8.57				63.85	0.1300	0.9685	
КБМ211-1 01	Бадді, місткість 2 м3	маш-г	20.9		-							
			20.9									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ270-1 17	Вібратори глибинні	маш-г	11.0	2.89		31.79				
				11.0							
	С111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4,0x100 мм	т	0.0017	50351.0 8		85.60				
				0.0017							
	С111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0.01	10377.5 9		103.78				
				0.01							
	С111-816	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 1,1 мм	т	0.026	58261.2 9		1514.79				
				0.026							
	С111-1513	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0.016	86489.9 0		1383.84				
				0.016							
	С111-1757	Рядно	м2	30.0	45.20		1356.00				
				30.0							
	С112-61	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м3	0.04	8469.58		338.78				
				0.04							
	С123-515- У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 40 мм	м2	3.6	525.63		1892.27				
				3.6							
	С142-10-2	Вода	м3	0.73	30.0300 0		21.92				
				0.73							
	С147-2-32	Стрижнева арматура А- II, діаметр 32 мм	100кг	8.1	3183.78		25788.6 2				
				8.1							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
19	C1424-116 12	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону B15 [M200], крупність заповнювача більше 20 до 40 мм	м3	101.5	2876.54		291968.81					
				101.5								
	KP2-6-7	Улаштування вертикальної гідроізоляції фундаментів бітумною мастикою	100 м2 ізоляції	1.0	14994.74		14995	3576			48.5800	48.58
						3575.97						
	ТСО-3-9	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,9	люд-год	48.58	73.61		3575.97	3575.97				
					48.58							
	C111-612	Мастика морозостійка бітумно-масляна МБ-50	т	0.24	47578.19		11418.77					
					0.24							
	<b>Разом прямих витрат по розділу № 3</b>							646836	30154	10819		448.69
										3599		43.38
Разом прямі витрати по розділу							грн.	646836				
в тому числі:												
вартість матеріалів, виробів і комплектів							грн.	605863				
вартість ЕММ							грн.	10819				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ							грн.		3599			
заробітна плата робітників							грн.		30154			
всього заробітна плата							грн.		33753			
Загальновиробничі витрати							грн.	19956				
трудоємність в загальновиробничих витратах							люд-г					59.05
заробітна плата в загальновиробничих витратах							грн.		6813			
<b>Всього по розділу</b>							грн.	666792				
Кошторисна трудоємність							люд-г					551.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Кошторисна заробітна плата					грн.	40566			
		<b>Розділ № 4 Каркас</b>									
20	КБ6-11-1	Установлення анкерних болтів у готові гнізда із заробленням довжиною до 1 м	1 т	0.02	112959. 77	263.99	2259	468	5	333.300	6.67
					23404.3 3	58.85			1	0	0.01
	ТСО-3-5	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,5	люд- год	333.3 6.666	70.22		468.09	468.09			
	КБМ202-1 141	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 10 т	маш.го д	0.41 0.0082	643.87	643.87	5.28		5.28		
						143.53			1.18	1.5000	0.0123
	С124-59	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою (в комплекті з шайбами та гайками або без них), такі, що поставляються окремо	т	1.0 0.02	89291.4 5		1785.83				
21	КБ34-20-4	Установлення сталених гратчастих вільностоячих радіобашт для зонних ліній висотою до 45 м	1 т металок онструк цій	1.0	12146.9 7	4052.52	12147	2574	4053 980	35.8000	35.80 12.13
					2573.66	980.05					
	ТСО-3-7	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,7	люд- год	35.8 35.8	71.89		2573.66	2573.66			
	КБМ201-1 2	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш.го д	0.64 0.64	355.95	355.95	227.81		227.81 63.37	1.3300	0.8512
						99.02					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	КБМ201-5 2	Напівпричіпи загального призначення, вантажопідйомність 11,4 т	маш.го	0.64	14.35	14.35	9.18		9.18		
			д	0.64		4.74			3.03		
	КБМ202-1 141	Крани на автомобільному ходу, вантажопідйомність 10 т	маш.го	4.3	643.87	643.87	2768.64		2768.64		
			д	4.3		143.53			617.18		
	КБМ203-1 401	Щогли монтажні при роботі на монтажі технологічного устаткування, вантажопідйомність 100 т	маш.го	1.83	572.07	572.07	1046.89		1046.89		
			д	1.83		162.00			296.46		
	КБМ203-3 01	Лебідки ручні та важільні, тягове зусилля до 9,81 кН (1 т)	маш.го	5.9	1.85		10.92				
			д	5.9							
	П171-663	Стальні конструкції	т	1.0		-					
				1.0							
	С111-782	Поковки з квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0.0001	59859.6 5		5.99				
				0.0001							
	С112-269	Лісоматеріали круглі просочені соснові для ліній зв'язку, автоблокування та щогл радіо, ліній електропередачі напругою нижче 35 кВ, діаметр 14-24 см, довжина 4,5-5,5 м	м3	0.079	18525.7 5		1463.53				
				0.079							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
22	С1110-9	Болти для складання з гайками та шайбами, клас міцності 10.9	т	0.02	202019.18		4040.38					
				0.02								
	КМ8-289-1	Заземлення одиночне опори металевої	шт	4.0	937.61	-		3750	910	-	3.2000	12.80
					227.39							
	ТСО-3-6	Витрати труда робітників-монтажників розряду 3,6	люд-год	3.2	71.06			909.57	909.57			
	С111-404	Фарба олійна густотерта для зовнішніх робіт МА-015, ПФ-014 чорна	т	0.00015	45585.2			27.35				
					0.0006							
	С111-1809	Сталь кругла	т	0.004	42016.6			672.27				
					0.016							
С111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами	т	0.00011	154698.85			68.07					
				0.00044								
С115-71	Шпали дерев'яні непросочені, І тип, довжина 2,75 м, для залізниці широкої колії	шт	0.19	440.30			334.63					
				0.76								
С121-782	Металеві конструкції	т	0.0012	86650.4			415.92					
				0.0048								
С1111-66	Хомут для кріплення кронштейнів пофарбований	т	0.0043	76898.78			1322.66					
				0.0172								
23	КБ33-30-15	Установлення сталених зварних блискавковідводів і тросостояків масою до 0,2 т	1 т	0.03	12290.39	7944.40	369	130	239	56.6400	1.70	
					4345.99							2055.87

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	ТСО-4-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,2	люд-год	56.64 1.6992	76.73		130.38	130.38			
	КБМ202-1 438	Крани на пневмоколісному ходу, вантажопідйомність 16 т	маш.год	10.8 0.324	699.33	699.33 183.77	226.58		226.58 59.54	1.9500	0.6318
	КБМ216-1 001	Крани на автомобільному ходу для спорудження ліній електропередачі, вантажопідйомність 10 т	маш.год	0.56 0.0168	699.35	699.35 127.06	11.75		11.75 2.13	1.3900	0.0234
	П171-663	Стальні конструкції	т	1.0 0.03	-	-	-				
	КБ13-72-1	Нанесення вручну в один шар покриття з антикорозійної полімерної композиції К-9 на горизонтальні і вертикальні поверхні металевих конструкцій	100м2	0.3	2745.84 901.12	17.68 0.49	824	270	5	12.3900 0.0066	3.72 -
	ТСО-3-8	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,8	люд-год	12.39 3.717	72.73		270.34	270.34			
	КБМ205-4 01	Компресори пересувні з електродвигуном, тиск 600 кПа (6 ат), продуктивність 0,5 м3/хв	маш.год	0.33 0.099	53.58	53.58 1.48	5.30		5.30 0.15	0.0200	0.0020
	С111-1608	Дрантя	кг	0.2 0.06	22.32		1.34				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	C1113-295	Полімерна композиція К-9	кг	54.65	33.35		546.77				
				16.395							
		<b>Разом прямих витрат по розділу № 4</b>					19349	4352	4302		60.69
									1043		12.80
		Прямі витрати будівельних робіт				грн.	15599				
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	7855				
		вартість ЕММ				грн.	4302				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		1043			
		заробітна плата робітників				грн.		3442			
		всього заробітна плата				грн.		4485			
		витрати труда робітників				люд-г					48
		витрати труда в ЕММ				люд-г					13
		всього витрати труда				люд-г					61
		Загальновиробничі витрати				грн.	2263				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					6
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		640			
		Всього вартість будівельних робіт				грн.	17862				
		Прямі витрати монтажних робіт				грн.	3750				
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	2840				
		заробітна плата робітників				грн.		910			
		всього заробітна плата				грн.		910			
		витрати труда робітників				люд-г					13
		всього витрати труда				люд-г					13
		Загальновиробничі витрати				грн.	487				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					1
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		143			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Всього вартість монтажних робіт					грн.	4237				
		Разом прямі витрати по розділу					грн.	19349				
		в тому числі:										
		вартість матеріалів, виробів і комплектів					грн.	10695				
		вартість ЕММ					грн.	4302				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ					грн.		1043			
		заробітна плата робітників					грн.		4352			
		всього заробітна плата					грн.		5395			
		Загальновиробничі витрати					грн.	2750				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах					люд-г					6.79
		заробітна плата в загальновиробничих витратах					грн.		783			
		<b>Всього по розділу</b>					грн.	22099				
		Кошторисна трудомісткість					люд-г					80.28
		Кошторисна заробітна плата					грн.		6178			
		<b>Розділ № 5 Зовнішнє оздоблення</b>										
25	C314-10	Перевезення будівельного сміття до 10 км	т	10.0	125.67	125.67	1257	-	1257	-	-	
					-	13.26			133	0.1610	1.61	
		<b>Разом прямих витрат по розділу № 5</b>						1257		1257		-
									133		1.61	
		Разом прямі витрати по розділу					грн.	1257				
		в тому числі:										
		вартість ЕММ					грн.	1257				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ					грн.		133			
		всього заробітна плата					грн.		133			
		Загальновиробничі витрати					грн.	70				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах					люд-г					0.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		заробітна плата в загальнопромислових витратах				грн.		22			
		<b>Всього по розділу</b>				грн.	1327				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					1.80
		Кошторисна заробітна плата				грн.		155			
		<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>					923538	55432	98817		819.76
									16115		190.86
		Прямі витрати будівельних робіт				грн.	909042				
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	758469				
		вартість ЕММ				грн.	97985				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		15926			
		заробітна плата робітників				грн.		52588			
		всього заробітна плата				грн.		68514			
		витрати труда робітників				люд-г					781
		витрати труда в ЕММ				люд-г					189
		всього витрати труда				люд-г					970
		Загальнопромислові витрати				грн.	39557				
		трудомісткість в загальнопромислових витратах				люд-г					115
		заробітна плата в загальнопромислових витратах				грн.		13216			
		Всього вартість будівельних робіт				грн.	948599				
		Прямі витрати монтажних робіт				грн.	14496				
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	10820				
		вартість ЕММ				грн.	832				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		189			
		заробітна плата робітників				грн.		2844			
		всього заробітна плата				грн.		3033			
		витрати труда робітників				люд-г					39
		витрати труда в ЕММ				люд-г					2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		всього витрати труда				люд-г					41
		Загальновиробничі витрати				грн.	1583				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					4
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		456			
		Всього вартість монтажних робіт				грн.	16079				
		Разом прямі витрати				грн.	923538				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	769289				
		вартість ЕММ				грн.	98817				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		16115			
		заробітна плата робітників				грн.		55432			
		всього заробітна плата				грн.		71547			
		Загальновиробничі витрати				грн.	41140				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					118.52
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		13672			
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	964678				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					1129.14
		Кошторисна заробітна плата				грн.		85219			