

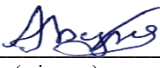

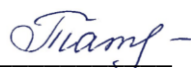
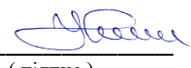
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет транспорту і будівництва
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр
(бакалавр, магістр)
спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

на тему «Будівництво спортивного комплексу з басейном у м Полтава»

Виконав: студент групи МБГ-22	 (підпис)	<u>А.А. Буряк</u> (ініціали і прізвище)
Керівник:	 (підпис)	<u>Н.І. Білошицька</u> (ініціали і прізвище)
Завідувач кафедри:	 (підпис)	<u>Г.О. Татарченко</u> (ініціали і прізвище)
Рецензент:	 (підпис)	<u>П.С. Уваров</u> (ініціали і прізвище)

Київ – 2026

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет транспорту і будівництва

Кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Татарченко Г.О. *Гнат*
“ ” _____ 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Буряку Антону Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Будівництво спортивного комплексу з басейном у м. Полтава»

Керівник проекту (роботи) Білошицька Н.І. к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “12” травня 2026 року № 105/16

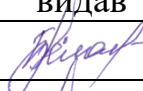
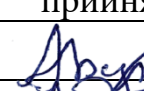
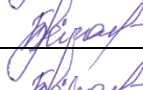

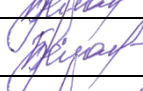


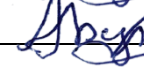
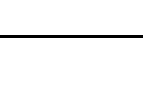
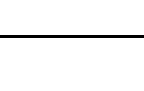
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) «Будівництво спортивного комплексу з басейном у м. Полтава».

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення спортивного комплексу з басейном. Вибір і обґрунтування конструктивної схеми будівлі. Розрахунок та проектування металевої кроквяної ферми покриття. Розрахунок стовпчастого фундаменту під колону. Технологічна карта монтажу металевих конструкцій покриття. Визначення техніко-економічних показників будівництва.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Фасади, плани, розрізи, характерні вузли проектованої будівлі. План фундаментів та інженерно-геологічний розріз. Конструювання, розрахункові схеми та варіантне проектування металевої кроквяної ферми покриття. Календарний план будівництва, технологічні схеми монтажу конструкцій.


6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

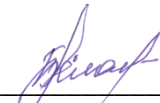
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Білошицька Н.І., доцент		
2	Білошицька Н.І., доцент		
3	Білошицька Н.І., доцент		
4	Білошицька Н.І., доцент		
5	Білошицька Н.І., доцент		

7. Дата видачі завдання 4.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Розділ 1. Архітектурно-будівельний	04.05.2026р	
2.	Розділ 2. Розрахунково-конструктивний	11.05.2026р	
3.	Розділ 3. Основи і фундаменти	18.05.2026р	
4.	Розділ 4. Організаційно-технологічний	18.05.2026р	
5.	Розділ 5. Техніко-економічний	01.06.2026	
6.	Графічна частина.	03.06.26	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	14.06.26	
8.	Подання кваліфікаційної роботи на розгляд кафедри.	15.06.26	
9.	Захист кваліфікаційної роботи на ЕК.		

Студент  Буряк А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)  Білошицька Н.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної випускної роботи бакалавра містить 97 сторінок, 22 рисунків, 19 таблиць, 12 джерел інформації, та 6 аркушів графічної частини.

Об'єктом проєктування є двоповерхова громадська будівля багатофункціонального спортивного комплексу з плавальним басейном у місті Полтава.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексного архітектурно-будівельного, розрахунково-конструктивного, організаційно-технологічного та економічного проєкту сучасної спортивної споруди, яка повністю відповідає вимогам чинних будівельних норм та забезпечує комфортні умови для фізкультурно-оздоровчої діяльності населення.

У процесі роботи виконано планування внутрішнього простору будівлі із виділенням трьох функціональних блоків, проведено теплотехнічний розрахунок зовнішніх стінових панелей та запроєктовано автоматизовану систему циркуляції й підготовки води у чаші басейну об'ємом 1000 кубічних метрів.

За допомогою програмного комплексу «ЛІРА САПР» проведено просторовий розрахунок металевої кроквяної ферми прольотом 24 метри та підібрано оптимальні перерізи елементів із гарячекатаних кутиків сталі марки С245.

На основі інженерно-геологічних умов майданчика запроєктовано збірні залізобетонні стовпчасті фундаменти стаканного типу з глибиною закладання подошви мінус 2,400 метри.

Розроблено технологічну карту на монтаж конструкцій покриття, визначено трудовитрати та обґрунтовано вибір будівельних машин. Шляхом складання локальних, об'єктного та зведеного кошторисних розрахунків визначено повну вартість будівництва об'єкта та доведено його техніко-економічну ефективність.

Ключові слова: спортивний комплекс, плавальний басейн, об'ємно-планувальні рішення, металева кроквяна ферма, стовпчастий фундамент, технологічна карта, кошторисна вартість.

ABSTRACT

for the final qualification work on the topic "Construction of a Sports Complex with a Swimming Pool in Poltava".

The final qualification work consists of an explanatory note (97 pages, 5 sections, 22 figures, 19 tables, 12 sources of information) and a graphic part.

Keywords: sports complex, swimming pool, steel truss, foundation, construction technology, cost estimate, structural design.

The qualification work is devoted to the design of a sports complex with a swimming pool in the city of Poltava.

The architectural and planning solutions of the building have been developed in accordance with current building regulations. The project includes a swimming pool, sports hall, gymnasium, administrative and auxiliary premises.

The structural section contains the calculation and design of a steel roof truss. The foundation section includes the calculation of an isolated footing for a frame column considering the engineering and geological conditions of the construction site.

A technological map for the installation of steel structures has been developed. The required machinery, labor resources and safety measures have been determined.

The economic section contains cost estimates and technical-economic indicators of the project. The adopted solutions ensure the reliability, safety and efficiency of the designed facility.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	11
1.1 Данні про місце будування.....	11
1.2 Інженерно-геологічні умови	11
1.3 Кліматичні умови	12
1.4 Техніко-економічні показники по генплану.....	13
1.5 Об’ємно-планувальні і технологічні рішення	14
1.6 Конструктивні рішення	14
1.7 Організація рельєфу та благоустрій	18
1.8 Теплотехнічний розрахунок стінового огородження	18
1.9 Гідравлічна система басейну	19
1.10 Експлікація приміщень до об’ємно-планувальних рішень.....	21
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	23
2.1 Вихідні дані для розрахунку та геометричні характеристики ферми басейну .	23
2.2 Збір навантажень на 1м ² ферми басейну	24
2.3 Визначення зусиль в елементах ферми та навантажень на вузли.....	25
2.4 Підбір перерізів ферми	27
2.5 Підбір перерізів ферми	35
РОЗДІЛ 3 ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ	40
3.1 Вихідні дані для розрахунку стовпчастого фундаменту під колону	40
3.2 Інженерно-геологічні умови майданчика	41
3.3 Розрахунок і конструювання стовпчастого фундаменту	48

3.4 Розрахунок фундаменту під колону по осі 2	49
3.5 Розрахунок фундаменту під колону по осі 7	54
3.6 Визначення осідання стовпчастого фундаменту	58
3.6.1 Стовпастий фундамент під колону по осі 2	58
3.6.2 Стовпчастий фундамент під колону по осі 7	61
РОЗДІЛ 4 ОГРОНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	65
4.1 Вихідні дані для розробки технологічної карти.....	65
4.2 Підбір монтажного крану	67
4.3 Визначення трудових витрат	68
4.4 Визначення допоміжних матеріалів	69
4.5 Контроль якості монтажних робіт	71
4.6 Організація робочого місця монтажників	71
4.7 Відомість основних машин та механізмів	72
4.8 Техніко-економічні показники	72
4.9 Визначення обсягів будівельно-монтажних робіт	73
4.10 Визначення витрат праці на будівельно-монтажні роботи.....	75
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ	81
5.1 Визначення кошторисної вартості будівництва.....	81
5.2 Локальні кошториси.....	82
5.3 Об'єктний кошторис	86
5.4 Зведений кошторисний розрахунок	87
5.5 Аналіз техніко-економічних показників.....	92
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТКИ.....	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКЛВ - гіпсокартонні листи вологостійкі

ДБН - державні будівельні норми України

ДСТУ - державний стандарт України

ЗБ - залізобетон

ІГЕ - інженерно-геологічний елемент

м. - місто

од. вим. - одиниця виміру

табл. - таблиця

ТВП - технологія будівельного виробництва

ТЕП - техніко-економічні показники

ВСТУП

Розбудова новітньої спортивної інфраструктури виступає вагомим чинником урбаністичного розвитку та підвищення стандартів життя населення. Завдяки функціонуванню спортивних комплексів створюються належні умови для тренувального процесу, проведення змагань, оздоровчих заходів, а також активного дозвілля громадян будь-якого віку. Особливу роль відіграють саме багатофункціональні об'єкти, які інтегрують можливості для занять різними спортивними дисциплінами й гарантують раціональну експлуатацію споруди впродовж усього календарного року.

Серед найбільш затребуваних та масових напрямків фізичної культури провідне місце посідає плавання. Систематичні тренування на воді позитивно позначаються на загальному фізичному стані, сприяють оздоровленню дихальної та серцево-судинної систем, зміцнюють опорно-руховий апарат і підвищують життєвий тонус організму. З огляду на це, зведення інноваційних спортивних споруд, оснащених плавальними басейнами, є актуальною потребою для багатьох українських міст.

Нові спортивні об'єкти мають поєднувати в собі принципи високої функціональності, конструктивної надійності, експлуатаційної безпеки, енергозбереження та естетичної виразності. Під час їхнього проектування першочергова увага приділяється підбору оптимальних конструктивних схем, впровадженню передових матеріалів і будівельних технологій, а також створенню сприятливого й комфортного середовища для відвідувачів і обслуговуючого персоналу.

Темою цієї кваліфікаційної роботи бакалавра є «Спортивний комплекс з басейном у місті Полтава». У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено рішення для спорудження двоповерхової громадської будівлі спортивного призначення, до складу якої входять плавальний басейн, універсальні спортивні зали, допоміжні приміщення та комплекс необхідних інженерних систем. Об'ємно-планувальні та архітектурні рішення об'єкта розроблені з урахуванням чинних вимог до

спортивних споруд, що гарантує безпеку використання та зручність перебування людей.

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було детально опрацьовано архітектурно-планувальну частину будівлі, здійснено розрахунки та конструювання ключових несучих елементів каркаса, виконано проєктування фундаментів. Крім того, розроблено технологічну карту на влаштування (монтаж) металевих ферм покриття, складено календарний графік провадження будівельних робіт, передбачено заходи з техніки безпеки й охорони праці, а також розраховано кошторисну вартість зведення об'єкта.

Головною метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка проєкту сучасного спортивного комплексу з басейном, який повністю відповідає положенням чинної нормативно-технічної документації, забезпечує високу міцність конструкцій, техніко-економічну ефективність будівництва та належні умови для фізкультурно-оздоровчої діяльності населення.

Презентована кваліфікаційна робота бакалавра, виконана за темою «Будівництво спортивного комплексу з басейном у м. Полтава», складається з текстових матеріалів пояснювальної записки на аркушах формату А4 та графічного матеріалу, винесеного на 6 аркушів формату А1, представленого у формі презентації.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО - БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Данні про місце будування

Місцем зведення спортивного комплексу визначено місто Полтава.

Поблизу ділянки будівництва розташовані інженерні комунікації, що забезпечують можливість підключення об'єкта до міських мереж водопостачання, тепlopостачання, електропостачання та газопостачання.

Архітектурно-будівельні рішення прийняті з урахуванням результатів інженерно-геологічних вишукувань, а також кліматичних особливостей району будівництва.

Відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи», для території розміщення об'єкта характерні такі кліматично-геофізичні показники:

- нормативне значення снігового навантаження – $S_0 = 1450$ Па;
- характеристичне значення вітрового тиску – $W_0 = 470$ Па.

Під час експлуатації будівля повинна відповідати таким нормативним вимогам:

- кліматичний район – I;
- ступінь впливу середовища – неагресивний;
- ступінь вогнестійкості будівлі – II;
- складність будівництва - IV;
- клас наслідків (відповідальність) – СС2.

1.2 Інженерно-геологічні умови

Основи, споруди запроектовані за традиційною схемою, при цьому ґрунти на будівельному майданчику характеризуються як неагресивні щодо будівельних конструкцій.

Висотне положення території визначено з урахуванням вимог щодо організації поверхневого водовідведення та існуючої забудови прилеглих вулиць.

Відведення атмосферних опадів із ділянки здійснюється через передбачену систему водостоку. Дощова вода з покрівлі збирається жолобами та водостічними трубами і відводиться на поверхню твердого бетонно-асфальтного покриття. Далі стік спрямовується до водоприймальних жолобів та надходить у загальну систему водовідведення.

1.3 Кліматичні умови

Визначення кліматичних характеристик території будівництва виконано згідно з положеннями ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

На даній території клімат є помірно - континентальний.

У таблиці 1.1 наведені дані для рози вітрів у м. Полтава.

Таблиця 1.1

Роза вітрів для м. Полтава

Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Січень	9	10	11,9	8,7	14,7	14,9	20,2	10,6
Липень	3,1	2,9	3,5	2,8	3,2	3,4	3,6	3,6

Найнижчі температурні показники протягом року спостерігаються у січні та лютому, тоді як найвищі значення температури характерні для липня і серпня.

Абсолютний мінімум температури повітря становить від $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а абсолютний максимум досягає значень від $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки зимового періоду приймається на рівні $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня швидкість вітру в січні коливається в межах 3–4 м/с.

Кліматичні умови м. Полтава характеризуються середньорічною кількістю опадів на рівні 574 мм. Розподіл опадів протягом року є нерівномірним: максимальна їх кількість випадає в липні (близько 70 мм), а мінімальна — у лютому (приблизно 35 мм).

Повітря в районі м. Полтава переважно характеризується підвищеною вологістю. Середньорічний показник відносної вологості становить приблизно 74%, при цьому в літній період він знижується до близько 64%, а взимку підвищується до приблизно 85%. Стан дуже сухого повітря спостерігається рідко і лише в окремі короткочасні періоди.

Упродовж зимового періоду в м. Полтава внаслідок випадіння твердих атмосферних опадів формується сталий сніговий покрив, середня тривалість залягання якого становить близько 78 діб на рік.

Слід зазначити, що метеорологічні умови регіону мають високу міжрічну мінливість, через що в окремі аномально теплі роки можуть спостерігатися малосніжні або повністю безсніжні зими.

1.4 Техніко-економічні показники по генплану

У таблиці 1.2 наведені техніко – економічні показники по генплану.

Таблиця 1.2

Техніко – економічні показники по генплану

№ п/п	Найменування	Од.вим.	Значення
1	Площа території	м ²	7350
2	Площа забудови	м ²	2450
3	Площа забудови	%	33,34
4	Площа озеленення	м ²	2900
5	Площа озеленення	%	39,45
6	Площа асфальту, плиточного покриття	м ²	2000

1.5 Об'ємно-планувальні і технологічні рішення

У плані будівля має такі основні габарити: довжина в осях 1–13 становить 63 м, ширина в осях А–М — 48 м. З огляду на функціональне призначення приміщень, споруда запроєктована двоповерховою та поділена на три конструктивно-функціональні блоки.

Перший блок є одноповерховим і розміщений у межах осей 7–9. Його розміри становлять 24×12 м, а висота до низу несучих конструкцій перекриття — 3,600 м. У цьому блоці розташована вхідна група приміщень, яка включає вестибюль-хол, гардероб, касовий вузол та санітарно-гігієнічні приміщення для відвідувачів.

Другий блок також одноповерховий і знаходиться в межах осей 9–13. Його габарити становлять 39×24 м, при цьому висота приміщень до низу несучих конструкцій досягає 8,000 м. Основну площу займає великий спортивний зал площею 716,8 м². Додатково в блоці передбачені роздягальні, приміщення для зберігання спортивного інвентарю та кабінет тренера.

Третій блок є двоповерховим і розташований у межах осей 1–6. На другому поверсі розміщено плавальний басейн із п'ятьма доріжками довжиною 30 м, тренерську, зону для підготовчих занять (сухого плавання), навчальну аудиторію, інвентарну та підсобні приміщення. На першому поверсі цього блоку передбачені роздягальні з душовими, а також кабінети адміністративного персоналу.

1.6 Конструктивні рішення

Основою споруди є рамно-зв'язковий каркас. Просторова жорсткість, геометрична незмінюваність та стійкість остова забезпечуються завдяки жорсткому защемленню опорних колон у стаканах фундаментів, розробленій системі вертикальних і горизонтальних зв'язків, а також утворенню суцільного жорсткого диска перекриття та покриття зі збірних залізобетонних елементів. Сполучення колон із кроквяними сталевими фермами прийнято шарнірним. На тримальні колони каркаса навішуються захисні огорожувальні конструкції у

вигляді композитних вентиляованих сендвіч-панелей, які ззовні обшиті профільованими металевими листами із заводським емалевим фарбуванням з обох боків. Внутрішнім наповненням панелей є шар мінераловатного утеплювача завтовшки 200 мм і щільністю базальтового волокна 225 кг/м³. Фіксація стінового огороження до металевих прогонів виконується конструкційними саморізами довжиною 300 мм.

Внутрішні перегородки товщиною 100 мм монтуються з гіпсокартонних листів на сталевому профільному каркасі. У приміщеннях із вологісним режимом експлуатації передбачено використання вологостійких модифікованих листів марки ГКЛВ. Підземна частина представлена збірними залізобетонними фундаментами: стаканного типу (під каркасні колони) та стрічковими (під самотримальні ділянки стін) із глибиною закладання подошви на відмітці -2,400 м. Для спільної роботи та стабілізації окремих опор впроваджено типові фундаментні балки довжиною 3 м та 6 м, по верхній грані яких укладається горизонтальна гідроізоляція з двох шарів руберойду. Розрахунок підземних конструкцій виконано відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і Фундаменти будівель та споруд».

Горизонтальні диски перекриття та покриття виконані зі збірних багатопустотних залізобетонних плит висотою 220 мм марок ПБ30-15, ПБ47-15, ПБ47-12 та ПБ60-15. Їх монтаж на опорні ригелі здійснюється на шар цементно-піщаного розчину марки М100 завтовшки 20 мм. Конструктивне рішення підлоги інтегрує верхній тримальний шар, що безпосередньо сприймає експлуатаційні впливи, та систему підстилаючих шарів, які забезпечують рівномірний перерозподіл навантаження, гідро- й теплоізоляцію, а також виконують звукоізоляційну функцію. Надійною основою для влаштування підлоги слугують залізобетонні плити перекриття.

Експлуатаційне покриття підлоги диференційоване на п'ять основних типів залежно від специфіки та функціонального призначення конкретних зон:

- безшовна наливна підлога – влаштовується в місцях підвищеної прохідності, зокрема у фое, тамбурах, коридорах та на сходових майданчиках;

- покриття з ламінату – передбачене для підлоги в кабінетах адміністративного апарату;

- керамічна плиткова підлога – застосовується у приміщеннях із вологим або специфічним технічним режимом в залах плавального басейну, санвузлах, вентиляційних камерах, складах, інвентарних, електрощитових та побутових кімнатах.;

- спеціалізований спортивний паркет – монтується як спеціалізоване покриття в універсальному ігровому залі;

- рулонне еластичне покриття на основі каучукової гуми – укладається у фітнес-зоні та залі тренажерів.

У зонах спряження підлогового покриття з вертикальними стіновими поверхнями конструктивно-технологічні зазори та деформаційні шви герметизуються і перекриваються за допомогою дерев'яних або керамічних плінтусних елементів.

Верхнє захисне огородження споруди виконує термоізоляційну функцію та захищає внутрішні об'єми від кліматичних впливів. Для влаштування даху прийнято тришарові покрівельні сендвіч-панелі п'яти реберної структури, які мають підвищені показники просторової жорсткості. Така геометрія забезпечує високу опірність покриття розрахунковим сніговим і вітровим навантаженням.

Ефективне утеплення досягається завдяки внутрішньому мінераловатному наповнювачу на основі базальтового волокна, а герметичність з'єднань гарантується надійною гідроізоляцією стикових вузлів. Низький рівень температурних деформацій матеріалу дозволяє вести всесезонний монтаж покрівельного пирога, що суттєво скорочує загальні терміни будівництва порівняно з традиційними системами покриття.

Стік атмосферних опадів організовано за зовнішньою схемою. Вона включає систему підвісних ринв (жолобів) та вертикальних водостічних труб.

Вертикальні комунікації між поверхами забезпечуються трьохмаршевыми сходами, розташованими в межах осей 6–7 (А–Б) та 8–9.

Крім того, у будівлі передбачені двомаршеві сходові клітки, що знаходяться в осях 1–2 (Е–Ж) та 2–3.

Зовнішні входи обладнані сходовими групами, які складаються з п'яти сходинок розміром 150×300 мм, а також пандусами габаритами 1000×9500 мм, призначеними для забезпечення доступності маломобільних груп населення. Рішення щодо інклюзивності прийняті відповідно до вимог чинних будівельних норм з забезпечення доступності та безбар'єрності ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд».

Чиста ширина сходового маршу становить 1500 мм. Висота одного поверху дорівнює 3600 мм. У межах одного маршу передбачено 8 сходинок, при цьому висота підйому одного маршу становить 1200 мм.

Для забезпечення безпечного та комфортного пересування відвідувачів сходові конструкції обладнані захисними поручнями висотою 900 мм. Між зустрічними маршами передбачено нормативний зазор 100 мм, який використовується для прокладання пожежних рукавів у разі необхідності.

Віконні заповнення комплексу виконані як у стандартизованих розмірах, так і за індивідуальними проектними рішеннями, з урахуванням конфігурації фасадів та їх орієнтації. Основний вхід до будівлі обладнаний двома дверними блоками з енергоефективними двокамерними склопакетами в металопластикових профілях, розмір монтажного прорізу яких становить 2100×1800 мм.

Внутрішні двері прийняті типовими дерев'яними з глухими полотнами: для міжкімнатних прорізів ширина становить 900 мм, для санвузлів — 700 мм.

1.7 Організація рельєфу і благоустрій.

Вертикальне планування ділянки будівельного майданчика вирішене в ув'язці з навколишньою територією, що забезпечує нормативне відведення поверхневих і зливових вод, а також гарантує оптимальну висотну прив'язку споруди. Земляні роботи з перерозподілу мас передбачають локальне підсипання ґрунту завтовшки від 0,05 м до 0,6 м та зрізання шарів у межах від 0,05 м до 0,45 м. Інфраструктурний благоустрій зони забудови включає влаштування твердого асфальтобетонного покриття для внутрішньопроеїзних шляхів і пішохідних тротуарів. Вільні від забудови та мощення ділянки підлягають комплексному озелененню шляхом висаджування декоративних дерев, кущів та облаштування посівних газонів.

1.8 Теплотехнічний розрахунок стінового огороження.

Теплотехнічний розрахунок зовнішнього стінового огороження виконується відповідно до вимог чинного ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Згідно з нормативними вимогами для м. Полтава (I температурна зона) мінімально допустиме значення опору теплопередачі становить $R_{q,min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Розрахункові температурні параметри прийнято такими: температура зовнішнього повітря в найхолоднішу п'ятиденку становить $t_{зовн} = -25 \text{ }^\circ\text{С}$, внутрішня розрахункова температура — $t_{вн} = +20 \text{ }^\circ\text{С}$. Район будівництва відноситься до I кліматичної зони.

Конструктивне рішення зовнішнього огороження передбачає використання сендвіч-панелей, що складаються з матеріалів із такими характеристиками:

- алюміній: товщина $\delta = 1 \text{ мм}$; густина $\rho = 2600 \text{ кг}/\text{м}^3$; теплопровідність $\lambda = 221 \text{ Вт}/\text{м}^3$;

- утеплювач з мінеральної вати: густина $\rho = 225 \text{ кг}/\text{м}^3$; теплопровідність $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/\text{м}^3$.

Розрахунок фактичного опору теплопередачі виконуємо за формулою:

$$R_{\phi} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}}, \quad (1)$$

де:

$\alpha_{\text{вн}}=8,7$ Вт/м³ – коефіцієнт внутрішньої тепловіддачі поверхні стінової конструкції;

$\alpha_{\text{зовн}}=23$ Вт/м³ – коефіцієнт зовнішньої тепловіддачі поверхні стінової конструкції;

Знайдемо товщину утеплювача, з урахуванням наступного рівняння:

$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,001}{221} + \frac{x}{0,05} + \frac{1}{27} > R_{q,\text{min}}=3,3\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} \quad (2)$$

$$\frac{x}{0,05} = 3,3 - \frac{1}{8,7} + \frac{0,001}{221} + \frac{1}{27};$$

$$\frac{x}{0,05} = 3,222;$$

$$x=0,155 \text{ м.}$$

Отже, товщину сендвіч-панелі приймаємо рівною 0,2 м.

1.9 Гідравлічна система басейну

Оскільки організм людини під час плавання активно взаємодіє з водним середовищем (зокрема через трансдермальне вбирання рідини, об'єм якого за 30 хвилин може становити до 0,5 літра), підтримання біологічної та хімічної безпеки води є першочерговим завданням. Основна маса органічних і механічних забруднювачів потрапляє у ванну безпосередньо від відвідувачів. Для їх ефективного видалення в проєкті реалізовано переливну схему циркуляції: верхній, найбільш забруднений шар води постійно змивається через периметральні переливні лотки і самопливом транспортується до балансового (переливного) резервуара. Влаштування переливного жолоба в один рівень із дзеркалом води покращує візуальний контроль чаші, оптимізує повітрообмін у приміщенні та сприяє зниженню відносної вологості повітря над водною поверхнею. Роль

переливного резервуара в системі циркуляції полягає також в акумуляції хвиль та надлишків води, що витісняються плавцями під час інтенсивного руху.

Забір води на рециркуляцію та фільтрацію здійснюється комбіновано: як через верхні переливні лотки, так і з придонних шарів за допомогою донних трапів. Первинне відсікання грубих домішок та механічних частинок фракцією 2-3 мм відбувається на сітчастих фільтрах грубого очищення. Етап глибокого знезараження базується на методі озонування, який реалізується у спеціальній контактній колоні (ємності), куди вода нагнітається насосною групою з переливного резервуара.

Термічна підготовка та стабілізація температурного режиму виконуються за допомогою п'яти швидкісних теплообмінних блоків типу «вода-вода» марки *Vagner OVB1000*. Ця теплообмінна установка розрахована на обслуговування ванни сумарним об'ємом 1000 м³ і забезпечує постійне прогрівання та автоматичну підтримку комфортної температури води в діапазоні від 25 до 30 °С.

Управління технологічними процесами водопідготовки повністю автоматизовано за допомогою контролерів, блоків керування та системи датчиків. Автоматика координує цикли ввімкнення циркуляційних насосів, режими фільтрації, прокачування через озонатори, а також дозовану подачу очищеної води назад у чашу басейну, що гарантує безперервність процесу регенерації.

Для забезпечення нормативного мікроклімату в залі басейну, кімнатах підготовчих занять, а також у технічних приміщеннях (насосно-фільтрувальній, озонаторній та хлораторній станціях) передбачено влаштування автономних (самостійних) систем припливно-витяжної вентиляції. При цьому все тримальне інженерне обладнання та вентиляційні агрегати винесені за межі основних залів і розташовуються в ізольованих венткамерах.

1.10 Експлікація приміщень до об'ємно-планувальних рішень

У таблиці 1.3 наведена експлікація приміщень.

Таблиця 1.3

Експлікація приміщень

Номер	Назва приміщення	Площа, м ²
1	2	3
1	Тамбур	13,4
2	Хол	174,1
3	Спортивний зал	716,8
4	Жіноча роздягальня	53,2
5	Чоловіча роздягальня	53,2
6	Тренерська	22,7
7	Інвентарна	23,1
8	Гардероб верхнього одягу	43,3
9	Каса	13,4
10	Санвузол	9,32
11	Санвузол	9,2
12	Зал очікування	76,0
13	Тренажерний зал	120,2
14	Чоловіча роздягальня	57,8
15	Чоловіча душова, санвузол	18,3

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
16	Жіноча роздягальня	57,8
17	Жіноча роздягальня, санвузол	18,3
18	Кімната відпочину персоналу	15,7
19	Санвузол персоналу	8,2
20	Підсобне приміщення	14,5
21	Медичний пункт	20,6
22	Бухгалтер	13,7
18	Кабінет директора	17,8
19	Електрощитова	11,1
20	Насосні і фільтрові установки	36,9
21	Басейн	365,2
22	Зона підготовчих занять	140
23	Обхідна доріжка	51,0
24	Інвентарна	20,6
25	Навчальний клас	36,3
26	Тренерська	20,6
27	Кімната відпочину персоналу	15,7
28	Санвузол персоналу	8,2
30	Підсобне приміщення	14,5
31	Медичний пункт	20,6
32	Бухгалтер	13,7
Загальна площа приміщень:		2252,32

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Вихідні дані для розрахунку та геометричні характеристики ферми басейну

У розрахунково-конструктивному розділі виконується проектування металевої кроквяної ферми, призначеної для перекриття залу плавального басейну. Матеріалом тримальних стержневих елементів прийнято гарячекатаний фасонний прокат у вигляді спарених (парних) кутиків із будівельної сталі класу С245. Об'єкт зводиться в м. Полтава, а розрахунковий термін безаварійної експлуатації тримальних металоконструкцій згідно з класифікацією споруди становить 100 років.

Конструктивна схема передбачає ліве спирання ферми на оголовки каркасних колон по осі 2, а праве — на колони по осі 7. Монтажна висотна позначка опорних вузлів складає +9,170 м відносно нульового рівня будівлі. Крок кроквяних конструкцій у поздовжньому напрямку прийнято рівним 6 м, а загальний розрахунковий проліт ферми становить 24 м. Конфігурація покриття – двоскатна трапецієподібна, із максимальною конструктивною висотою у ковзановому (центральному) вузлі 2,97 м, що відповідає відносній відмітці верху +12,140 м.

Верхній пояс: сформований із похилих стержневих елементів, лінійна довжина яких у межах панелей варіюється від 3,002 м до 3,065 м.

Нижній пояс: має горизонтальну орієнтацію із фіксованою довжиною кожної панелі між вузлами 3,000 м.

Розкоси решітки: довжина похилих елементів диференційована залежно від ухилу поясу та змінюється від мінімальних 3,065 м до максимальних 4,140 м.

Стійки решітки: вертикальні стержні мають змінну висоту, де найменша конструктивна довжина становить 0,628 м, а найбільша біля ковзана – 2,970 м.

Геометрична схема ферми наведена на рисунку 2.1.

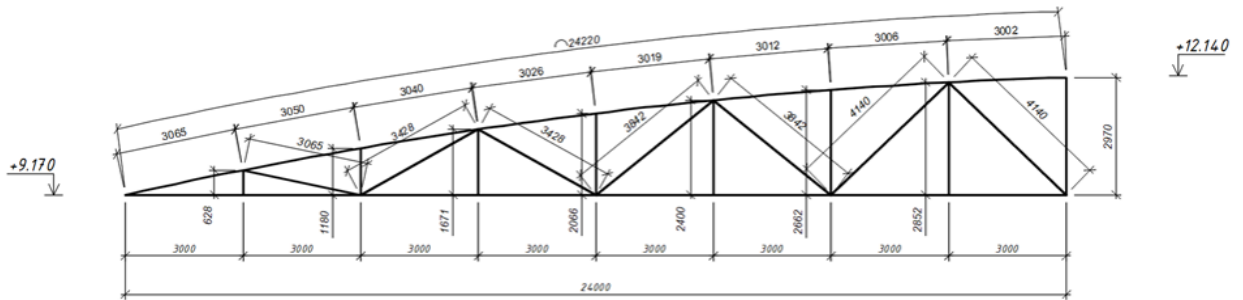


Рисунок 2.1 – Геометрична схема ферми

2.2 Збір навантажень на 1 м² ферми басейну

У таблиці 2.1 наведено навантаження на 1 м² металевої ферми.

Таблиця 2.1

Навантаження на 1 м² металевої ферми

Складові навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за експлуатацією, γ_e	Експлуатаційне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за експлуатацією, γ_{fm}	Граничне розрахункове навантаження, кН/м ²
1	2	3	4	5	6
Постійне навантаження					
Покрівельна сендвіч - панель товщиною 200 мм	0,4	1	0,4	1,2	0,48
Сталеві прогони, швелер №14, крок 500 мм	0,246		0,246	1,05	0,258
Разом постійне:			0,599		0,738
Разом з врахуванням коефіцієнту надійності за призначенням $\gamma_{ne} = 0,975$, $\gamma_{nm} = 1,1$ для СС2-А		$g_e =$	0,642	$g_m =$	0,791
Тимчасове навантаження					
Снігове навантаження:	1,45	0,49	0,71	1,14	0,810
Разом тимчасове навантаження:		$S_e =$	0,71	$S_m =$	0,810
Повне навантаження (постійне і тимчасове):		$g_e^\Sigma =$	1,352	$g_m^\Sigma =$	1,601

2.3 Визначення зусиль в елементах ферми та навантажень на вузли

Визначення зусиль в стержнях проведемо в програмному комплексі «ЛІРА САПР».

Розрахункова схема ферми (навантаження приведені в кН) наведена на рисунку 2.2.

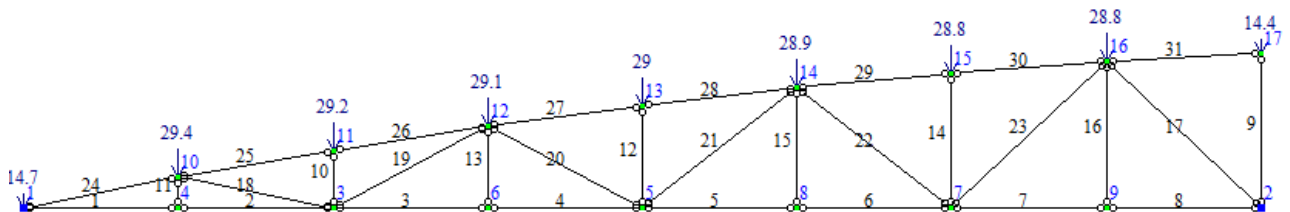


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема ферми

Розрахункові навантаження у вузлах визначимо за формулою:

$$P_i = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B, \quad (3)$$

де B – відстань між колонами (крок ферм);

L – довжина ділянки збору навантажень на вузол.

Виконаємо розрахунки:

$$P_1 = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,065 \cdot 0,5 = 14,684 \text{ кН},$$

$$P_{10} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,065 + 3,050) / 2 = 29,397 \text{ кН},$$

$$P_{11} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,050 + 3,040) / 2 = 29,177 \text{ кН},$$

$$P_{12} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,040 + 3,026) / 2 = 29,062 \text{ кН},$$

$$P_{13} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,026 + 3,019) / 2 = 28,962 \text{ кН},$$

$$P_{14} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,019 + 3,012) / 2 = 28,894 \text{ кН},$$

$$P_{15} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,012 + 3,006) / 2 = 28,832 \text{ кН},$$

$$P_{16} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,006 + 3,002) / 2 = 28,784 \text{ кН},$$

$$P_{17} = g_m^{\Sigma} \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,002 \cdot 0,5 = 14,383 \text{ кН}.$$

Результати розрахунку стержневих зусиль ферми наведені у таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Таблиця результатів розрахунку стержневих зусиль ферми

Розташування елемента	№ елемента	Довжина елемента, м	Зусилля, кН
1	2	3	4
Верхній пояс	24	3,065	-480,287
	25	3,050	-456,495
	26	3,040	-454,995
	27	3,026	-344,403
	28	3,019	-343,444
	29	3,012	-196,332
	30	3,006	-195,953
	31	3,002	-0,008

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Нижній пояс	1	3,000	157,406
	2	3,000	157,406
	3	3,000	88,563
	4	3,000	88,563
	5	3,000	-38,215
	6	3,000	-38,215
	7	3,000	-207,754
	8	3,000	-207,754
Розкоси	17	4,140	-145,036
	18	3,065	-21,075
	19	3,428	54,776
	20	3,428	-67,907
	21	3,842	84,866
	22	3,842	-100,267
	23	4,140	124,704
Стояки	9	2,970	-14,234
	10	1,180	-20,002
	11	0,628	-5,519
	12	2,066	-21,204
	13	1,671	-0,409
	14	2,662	-24,370
	15	2,400	0,483
	16	2,852	-0,690

2.4 Підбір перерізів елементів ферми

Перед виконанням підбору елементів ферми доцільно здійснити їх попередню уніфікацію відповідно до розрахункових зусиль. На початковому етапі приймається один типорозмір перерізу для верхнього поясу ферми та стояків, а також два типи перерізів для нижнього поясу та розкосів. Вузлові фасонки приймаються товщиною $t_f = 8$ мм. Мінімально допустимий переріз кутника для конструктивного призначення приймається L50×5.

Розрахунок та підбір перерізів елементів верхнього поясу (стержні 24–31).

Максимальне стискуюче зусилля становить $N = -480,287$ кН. Розрахункова довжина елемента поза площиною ферми приймається рівною відстані між вузлами кріплення вертикальних в'язей покриття і становить $l_{ef,y} = 600$ см, а в площині ферми — відстань між її вузлами, що дорівнює $l_{ef,x} = 306,5$ см.

Коефіцієнт умов роботи приймається $\gamma_c = 1$. Попередньо гнучкість стержня приймається $\lambda = 100$. У такому випадку коефіцієнт поздовжнього згину становить $\varphi = 0,542$.

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \quad (4)$$

$$A = \frac{480,287}{0,542 \cdot 24 \cdot 1} = 36,92 \text{ см}^2$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = \frac{l_{ef,x}}{\lambda}, \quad (5)$$

$$i_x = \frac{306,5}{100} = 3,605 \text{ см},$$

$$i_y = \frac{l_{ef,y}}{\lambda}, \quad (6)$$

$$i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см}.$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 140x10 ($A=54,6 \text{ см}^2$; $i_x = 4,33 \text{ см}$; $i_y = 6,05 \text{ см}$;))

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x}, \quad (7)$$

$$\lambda_x = \frac{306,5}{4,33} = 70,785,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y}, \quad (8)$$

$$\lambda_y = \frac{600}{6,05} = 99,174,$$

$$\tilde{\lambda} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (9)$$

$$\tilde{\lambda} = 99,174 \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 3,38; \Rightarrow \varphi = 0,495.$$

Перевірка напружень:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A}, \quad (10)$$

$$\sigma = \frac{480,287}{0,495 \cdot 54,6} = 17,77 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості.

Гранична гнучкість стиснутих елементів:

$$\lambda_y = 180 - 60 \cdot \alpha, \quad (11)$$

$$\lambda_y = 180 - 60 \cdot 0,74 = 135,6 > \lambda_x = 99,174,$$

$$A = \frac{480,287}{0,495 \cdot 54,6 \cdot 24 \cdot 1} = 0,74 \text{ см}^2$$

Отже, запропонований переріз повністю задовольняє критеріям граничної гнучкості. Прийнятий переріз вважається остаточно підібраним.

Підбір перерізів елементів стиснутого нижнього поясу (стержні 5-8):

Максимальне стискуjące зусилля $N = -207,754$ кН.

Розрахункова довжина стержня поза площиною ферми дорівнює відстані між вузлами кріплення вертикальних в'язей покриття, тобто $l_{ef,y}=600$ см, а в площині ферми – відстані між її вузлами, $l_{ef,x}=300$ см.

Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1$.

Гнучкість стержня попередньо приймаємо $\lambda = 100$. Тоді коефіцієнт поздовжнього згину дорівнює $\varphi = 0,542$.

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{207,754}{0,542 \cdot 24 \cdot 1} = 16,03 \text{ см}^2$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{300}{100} = 3 \text{ см},$$

$$i_y = \frac{l_{ef,y}}{\lambda} = \frac{600}{100} = 6 \text{ см}.$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 140 x 10 ($A=54,6 \text{ см}^2$; $i_x=4,33 \text{ см}$; $i_y=6,05 \text{ см}$).

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{300,6}{4,33} = 69,42,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{600}{6,05} = 99,174,$$

$$\lambda = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 99,174 \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 3,38 \Rightarrow \varphi = 0,495$$

Перевірка напружень:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{207,754}{0,495 \cdot 54,6} = 7,687 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості.

Гранична гнучкість стиснутих елементів:

$$\lambda_y = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,74 = 160,8 > \lambda_x = 99,174,$$

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{207,754}{0,495 \cdot 54,6 \cdot 24 \cdot 1} = 0,32$$

Отже, цей переріз задовольняє умови гнучкості. Переріз вважаємо підібраним.

Підбір перерізів елементів розтягнутого нижнього поясу (стержні 1-4):

Максимальне розтяжне зусилля $N=157,406 \text{ кН}$. Розрахункова довжина стержня поза площиною ферми дорівнює відстані між вузлами кріплення вертикальних в'язей покриття, тобто $l_{ef,y}=600 \text{ см}$, а в площині ферми – відстані між її вузлами, $l_{ef,x}=300 \text{ см}$.

Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1$.

Гранична гнучкість $\lambda_u = 400$;

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{157,406}{24 \cdot 1} = 6,559 \text{ см}^2,$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{300}{400} = 0,75 \text{ см},$$

$$i_y = \frac{l_{ef,y}}{\lambda} = \frac{600}{400} = 1,5 \text{ см}$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 50 х 5 ($A=9,6 \text{ см}^2$; $i_x = 1,53 \text{ см}$; $i_y = 2,38 \text{ см}$;))

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{300}{1,53} = 196,078 < \lambda_u = 400,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{600}{2,38} = 252,1 < \lambda_u = 400$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{157,406}{9,6} = 16,396 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \frac{\text{кН}^2}{\text{см}},$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості. Переріз вважаємо підібраним.

Підбір перерізів розтягнутих розкосів (стержні 19, 21, 23):

Максимальне розтяжне зусилля $N=124,704$. В площині ферми розрахункова довжина стержня дорівнює відстані між її вузлами, $l_{ef,y}=l_{ef,x}=414 \text{ см}$.

Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1$.

Гранична гнучкість $\lambda_u = 400$;

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{124,704}{24 \cdot 1} = 5,196 \text{ см}^2,$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = i_y = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{414}{400} = 1,035 \text{ см},$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 50x5 ($A=9,6 \text{ см}^2$; $i_x = 1,53 \text{ см}$; $i_y = 2,38 \text{ см}$)

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{414}{1,53} = 270,588 < \lambda_u = 400,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{414}{2,38} = 173,95 < \lambda_u = 400,$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{124,704}{9,6} = 12,99 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості. Переріз вважаємо підібраним.

Підбір перерізів стиснутих розкосів (стержні 17, 18, 20, 22):

Максимальне стискуюче зусилля $N=-145,036$. В площині ферми розрахункова довжина стержня дорівнює відстані між її вузлами, $l_{ef,y}=l_{ef,x}=414 \text{ см}$.

Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1$.

Гнучкість стержня попередньо приймаємо $\lambda = 100$.

Тоді коефіцієнт поздовжнього згину дорівнює $\varphi = 0,542$.

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{145,036}{0,542 \cdot 24 \cdot 1} = 11,15 \text{ см}^2$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = i_y = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{414}{100} = 4,14 \text{ см}$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 100x7 ($A=27,5 \text{ см}^2$; $i_x = 3,08 \text{ см}$; $i_y = 4,38 \text{ см}$;))

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{414}{3,08} = 134,416,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{414}{4,38} = 94,52,$$

$$\tilde{\lambda} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 94,52 \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 3,22; \Rightarrow \varphi = 0,604$$

Перевірка напружень:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{145,036}{0,604 \cdot 27,5} = 8,73 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \frac{\text{кН}^2}{\text{см}},$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості.

Гранична гнучкість стиснутих елементів:

$$\lambda_y = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,36 = 158,4 > \lambda_x = 134,416,$$

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{145,036}{0,604 \cdot 27,5 \cdot 24 \cdot 1} = 0,36$$

Отже, цей переріз задовольняє умови гнучкості. Переріз вважаємо підібраним.

Підбір перерізів розтягнутого стояка (стержень 15):

Максимальне розтяжне зусилля $N=0,483$. В площині ферми розрахункова довжина стержня дорівнює відстані між її вузлами, $l_{ef,y}=l_{ef,x}=240$ см.

Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1$.

Гранична гнучкість $\lambda_u = 400$;

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{0,483}{24 \cdot 1} = 0,02 \text{ см}^2$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = i_y = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{240}{400} = 0,6 \text{ см}$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 50x5 ($A=9,6 \text{ см}^2$; $i_x = 1,53 \text{ см}$; $i_y = 2,38 \text{ см}$;))

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{240}{1,53} = 156,86 < \lambda_u = 400,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{240}{2,38} = 100,84 < \lambda_u = 400,$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{0,483}{9,6} = 0,05 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості. Переріз вважаємо підібраним.

Підбір перерізів стиснутих стояків (стержні 9-14, 16):

Максимальне стискуюче зусилля $N = -24,370$. В площині ферми розрахункова довжина стержня дорівнює відстані між її вузлами, $l_{ef,y} = l_{ef,x} = 266,2$ см.

Коефіцієнт роботи $\gamma_c = 1$.

Гнучкість стержня попередньо приймаємо $\lambda = 100$.

Тоді коефіцієнт поздовжнього згину дорівнює $\varphi = 0,542$.

Необхідна площа перерізу:

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{24,370}{0,542 \cdot 24 \cdot 1} = 1,87 \text{ см}^2$$

Необхідні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = i_y = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{266,2}{100} = 2,662 \text{ см}$$

За сортаментом приймаємо 2 кутики 90х6 ($A = 16,66 \text{ см}^2$; $i_x = 2,78 \text{ см}$; $i_y = 3,97 \text{ см}$;))

Перевірка обраного перерізу:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{266,2}{2,78} = 95,76,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{266,2}{3,97} = 67,053,$$

$$\tilde{\lambda} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 67,053 \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,289; \Rightarrow \varphi = 0,772;$$

Перевірка напружень:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{24,370}{0,772 \cdot 16,66} = 1,903 \text{ кН/см}^2 < 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка виконується, обраний переріз задовольняє умови стійкості.

Гранична гнучкість стиснутих елементів:

$$\lambda_y = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,0789 = 175,266 > \lambda_x = 67,053,$$

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{24,370}{0,772 \cdot 16,66 \cdot 24 \cdot 1} = 0,0789$$

Отже, цей переріз задовольняє умови гнучкості. Переріз вважаємо підібраним.

2.5 Підбір перерізів елементів ферми

Розрахунок вузлів ферми зводиться до підбору розмірів фасонки та зварних швів, які кріплять стержні до фасонки.

Так як ферма запроектована зі сталі С245, приймаємо електрод типу Э42, розрахунковий опір якого по металу шва складає $R_{wf} = 180$ МПа.

По металу границі:

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} \quad (12)$$

$$R_{un} = 370 \text{ МПа}$$

$$R_{wz} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ МПа}$$

Значення R_{wf} для кутових швів в сталевих елементах в яких границя текучості менша 285 МПа, має бути більше ніж

$$R_{wf} \geq R_{wz} \cdot \frac{\beta_z}{\beta_f} \quad (13)$$

де $\beta_f = 0,9$; $\beta_z = 1,05$;

Умова $R_{wf} = 180 \text{ МПа} < R_{wz} \cdot \frac{\beta_z}{\beta_f} = 166,5 \cdot \frac{1,05}{0,9} = 194,25$ виконується, отже

розрахунок швів дозволено проводити тільки за металом шва.

Для електроду Э42 мінімальний катет шва складає 5 мм.

Довжина шва по двох кутиках визначається за формулою:

- по перу :

$$l_{w,пер} = \frac{0,3N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (14)$$

- по обушку :

$$l_{w,об} = \frac{0,7N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (15)$$

В програмному комплексі «ЛІРА САПР» задаємо перерізи елементів та визначимо прогин ферми. Прогин складає 30,26 мм.

Величина відносного прогину складає:

$$\frac{f}{l} = \frac{30,26}{24000} \approx \frac{1}{800}$$

Результати розрахунку зварних швів наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Таблиця результатів розрахунку зварних швів

Розташування елементу	№ елемента	Переріз стержня	Зусилля, кН	Розміри швів, мм			
				По обушку		По перу	
				k_f^0	l_w^0	k_f^n	l_w^n
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхній пояс	24	2L 140x10	-480,287	10	130	5	120
	25		-456,495		130		110
	26		-454,995		130		110
	27		-344,403		100		90
	28		-343,444		100		90
	29		-196,332		60		60
	30		-195,953		60		60
	31		-0,008		20		20
Нижній пояс	1	2L 50x5	157,406	5	90	5	50
	2		157,406		90		50
	3		88,563		60		30
	4		88,563		60		30
	5	2L 140x10	-38,215	10	20		20
	6		-38,215		20		20
	7		-207,754		70		60
	8		-207,754		70		60
Розкоси	19	2L 50x5	54,776	5	90	50	
	21		84,866		30	20	
	23		124,704		40	30	
	17	2L 100x7	-145,036		50	30	
	18		-21,065		60	30	
	20		-67,907-		70	40	
	22		-100,267		80	40	
Стояки	9	2L 90x6	-14,234	5	20	20	
	10		-20,002		30	20	
	11		-5,519		20	20	
	12		-21,204		30	20	
	13		-0,409		20	20	
	14		-24,370		30	20	
	16		-0,690		20	20	
	15	2L 50x5	0,483		20	20	

Опорний вузол ферми.

Найбільша вертикальна реакція ферми на опорі складає 127,244 кН.

Вузлові фасонки мають товщину 8 мм.

Коефіцієнт умов роботи фланця на опорі $\gamma_c=1$.

Опорний стаяк приймаємо з складеного або прокатного двотавра, ширина полицки якого $b_f \geq 150$ мм, монтажні болти діаметром $d = 20$ мм, отвори діаметром $d_0 = 22$ мм.

Торець шарнірного фланця працює на зминання, тоді його площа дорівнює:

$$b_A \cdot t_A = V / (R_y \gamma_c), \quad (16)$$

$$b_A \cdot t_A = V / (R_y \gamma_c) = 127,244 / 36 = 3,5 \text{ см}^2.$$

Розміри фланцю b_A і t_A повинні задовольнятися умовам:

$$- t_A \geq t_\phi = 8 \text{ мм}$$

- виходячи з умови розташування болтів з діаметром $d_0 = 22$ мм:

$$b_A \geq 6d_0 + t_\phi, \quad (17)$$

$$b_A \geq 6d_0 + t_\phi = 6 \cdot 22 + 8 = 140 \text{ мм};$$

- умова забезпечення місцевої стійкості фланця на опорі:

$$b_A / t_A \leq \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (18)$$

$$b_A / t_A \leq \sqrt{\frac{E}{R_y}} = \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{240}} = 29,2.$$

Приймаємо розміри фланцю $b_A = 140$ мм, $t_A = 8$ мм.

Тоді опорна площа фланцю дорівнює $A = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ см}^2$;

Перевірка місцевої стійкості:

$$b_A / t_A = 140 / 8 = 17,5 \leq \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 29,2.$$

Визначимо довжину фланця з умови розміщення кутових швів товщиною k_f
= 5 мм:

$$l_A \geq 1 = \frac{V}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \quad (19)$$

$$l_A \geq \frac{127,244}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 7 \text{ см}$$

Для забезпечення спільної роботи двох кутників у складі кожного елемента ферми передбачається встановлення з'єднувальних прокладок конструктивного призначення.

Товщина прокладок приймається рівною товщині вузлових фасонки і становить 8 мм. Ширина всіх прокладок приймається 50 мм, що забезпечує можливість виконання зварних швів мінімальної довжини та спрощує технологію виготовлення. Висота прокладок визначається залежно від ширини полиць кутників, що входять до складу елемента.

Крок встановлення прокладок призначається з урахуванням величини поздовжніх зусиль у стержнях та їхнього напруженого стану. Гранична відстань між з'єднувальними прокладками приймається диференційовано: для стиснутих елементів вона обмежується значенням $40 \cdot i_x$, тоді як для розтягнутих елементів допускається збільшення до $80 \cdot i_x$ відповідно до вимог чинних будівельних норм.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

3.1 Вихідні дані для розрахунку стовпчастого фундаменту під колону

Проведемо розрахунок та проектування стовпчастого фундаменту під колони приміщення басейну.

Будівництво об'єкта передбачається у м. Полтава. Абсолютна відмітка існуючого рельєфу становить 151,4 м. Верхній обріз фундаменту прийнято на відмітці 151,65 м.

Рівень ґрунтових вод зафіксований на глибині 5,2–5,4 м від поверхні будівельного майданчика, що забезпечує відсутність їх безпосереднього впливу на фундаментні конструкції в межах робочої глибини закладання. Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту становить 1,2 м.

Фундаменти запроєктовано з закладанням на відмітці $-2,400$ м, що відповідає абсолютній відмітці $-1,500$ м.

Фундаментні конструкції приймаються під колони в межах осей 2 та 7 у зоні розміщення басейну. Навантаження на фундаменти визначаються від покриття та власної ваги фермених конструкцій.

Розрахунок виконано із застосуванням програмного комплексу «ЛІРА-САПР».

Навантаження на колону по осі 2:

$$N=126,077 \text{ кН};$$

$$M=7,858 \text{ кН};$$

$$Q=2,189 \text{ кН}.$$

Навантаження на колону по осі 7:

$$N=128,554 \text{ кН};$$

$$M=5,965 \text{ кН};$$

$$Q=2,189 \text{ кН}.$$

3.2 Інженерно-геологічні умови майданчика

Інженерно-геологічні умови майданчика наведені у таблицях 3.1 та 3.2

Таблиця 3.1

Фізичні властивості ґрунтів будівельного майданчика

ІГЕ	Характеристика інженерно – геологічного елемента	Стратиграфічний індекс	Природна вологість, W	Щільність ґрунту, г/см ³			Вологість на межі		Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт водонасичення	Відносний вміст органічної речовини	Відносна деформація просідання	Початковий тиск просідання, кПа
				природна	скелету	часток	Текучості WL	Розмочування Wp							
ІН	Насипний шар: суглинок легкий пілуватий, тугопластичний, гумусований, з корінням рослин, із вмістом до 15% щебеню кристалічних порід, іншого будівельного сміття, підвищеної пористості, пухкий, незлежаний, темно-сірий, чорний.	tН	-	1,67						0,824	0,43				
			-	1,93											
ІР	Рослинний шар: суглинок легкий пілуватий, сезонно змінної консистенції (напівтвердий та тугопластичний на період вишукувань), неоднорідний, підвищеної пористості, пухкий, з корінням рослин, ходами землерийів, слабо гумусований, темно-сірий, місцями до чорного	eН	-	1,46								0,018...0,029			
			-	1,82											

ПЕ	Характеристика інженерно – геологічного елемента	Стратиграфічний індекс	Природна вологість, W	Щільність ґрунту, г/см ³			Вологість на межі		Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт водонасичення	Відносний вміст органічної речовини	Відносна деформація просідання	Початковий тиск просідання, кПа
				природна	скелету	часток	Текучості WL	Розмочування Wp							
2А	Лювіальний горизонт: суглинок легкий пілуватий, тугопластичний, макропористий, просідаючий, слабо карбонатний, із затіканнями гумусу, бурувато-сірий.	e-dp-H	0.242 0.352	1.71 1.87	1.38	2.68	0.34	0.22	0.12 1.10	0.18	0.942	0.69 1.0	0.011...0.016	0.072...0.624	56...80
2	Суглинок легкий пілуватий, напівтвердий та тугопластичний, лесовий, просідаючий, макропористий, з включеннями конкрецій та стяжінь карбонатів, з плямами озалізнення, жовто-сірий, палево-жовтий.	vdP	0.252 0.328	1.79 1.90	1.43	2.69	0.33	0.24	0.09 0.97	0.13	0.881	0.77 1.0		0.005 6	145
2Б	Суглинок легкий пілуватий, м'якопластичний, лесовий, непросідаючий, буро-сірий.	vdPm	0.293 0.318	1.87 1.91	1.45	2.69	0.33	0.24	0.09 0.87	0.59	0.855	0.92 1.0		0.0008 ...0.01	>300
2В	Суглинок легкий пілуватий, текучепластичний, лесовий, непросідаючий, із залишками уламків карбонатів, розводами озалізнення, палево-жовто-бурій, бурій, жовто-сірий.	vdP	0.313	1.92	1.46	2.69	0.33	0.24	0.09 0.81		0.842	1.00		0.084	>300
3	Суглинок легкий пілуватий, м'якопластичний, з залишками уламків карбонатів, розводами озалізнення, палево-сіро-жовтий, сіро-жовтий.	dPm	0.192 0.292	1.80 1.95	1.51	2.70	0.23	0.15	0.08 1.77	0.53	0.788	0.66 1.00			
4		f	0.221	1.87	1.53	2.72	0.30	0.16	0.14	0.44	0.778	0.77			

ПЕ	Характеристика інженерно – геологічного елемента	Стратиграфічний індекс	Щільність ґрунту, г/см ³			Вологість на межі		Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт водонасичення	Відносний вміст органічної речовини	Відносна деформація просідання	Початковий тиск просідання, кПа
			Природна вологість, W	природна	скелету	часток	Текучості WL							
	Суглинок важкий пілуватий, тугопластичний, з включеннями дрібних карбонатних стяжінь, із вмістом дрібної гальки і гравію скельних порід до 3% за об'ємом, озалізований, світло-жовтий з покрівлі, сірий, жовто-зеленувато-сірий.		0.266	1.97					0.90		1.0			
5	Суглинок легкий пілуватий, м'якопластичний, слабо озалізований, з включеннями дрібних карбонатних стяжінь, із вмістом дрібної гальки і гравію скельних порід до 3% за об'ємом, сірий, темно-сірий.	f-gPn	0.241	1.86	1.50	2.70	0.29	0.17	0.12	0.59	0.800	0.81		
			0.296	1.94						1.05		1.00		
6	Суглинок легкий пілуватий, тугопластичний, зрідка озалізований, з включеннями дрібних карбонатних стяжінь, сірий, темно-сірий.	f-	0.260	1.94	1.54	2.71	0.33	0.22	0.11	0.36	0.760	0.93		
7	Глина легка пілувата, напівтверда та тверда, щільна, темно-сіра, в гніздах - сіра, зеленувато-сіра, бура, з включеннями дрібних стяжінь карбонатів.	N ₂	0.270	1.99	1.57	2.74	0.42	0.23	0.19	0.21	0.745	0.99		
7A	Суглинок важкий пілуватий, напівтвердий та твердий, щільний, з включеннями дрібних карбонатів та кремнієвих стяжінь, світло-сірий, блакитно-сірий.	N ₂	0.215	1.92	1.58	2.71	0.34	0.19	0.15	0.17	0.715	0.81		

Таблиця 3.2

Механічні властивості ґрунтів будівельного майданчика

ГЕ	Нормативні показники			Розрахункові показники за групою граничних станів							Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Категорія ґрунту за трудністю розробки
				II ($\alpha = 0,95$)				I ($\alpha = 0,85$)				
	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя	Модуль деформації	Питома вага, кН/м ³	Питоме зчеплення, кПа	Кут внутрішнього тертя, град.	Модуль деформації, Е, МПа	Питома вага, кН/м ³	Питоме зчеплення, кПа	Кут внутрішнього тертя, град.		
1Н			10	16.4			10	15.6			IV	5а
			5	19.0			5	18.1			IV	
1Р				14.3				13.6			IV	5б
				17.9				17.0			IV	
2А	5	15	7	16.8	5	15	7	16.0	3	13	III	36а
	3	11	4.2	18.3	3	11	4.2	17.4	2	9	III	
2	23	18	10	17.6	23	18	10	16.8	15	16	III	22б
	6	13	6	18.6	6	13	6	17.7	4	11	III	
2Б	9	15	7	18.4	9	15	7	17.5	6	13	III	22а
	5	13	6	18.7	5	13	6	17.8	3	11	III	
2В												22 а
	5	13	6	18.8	5	13	6	17.9	3	11	III	
3	18	16	7	17.7	18	16	7	16.9	12	15	III	35 а

Потужності шарів під фундаментами по осі 2 та по осі 7 наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Потужності шарів ґрунту

ІГЕ	Потужність шарів ґрунту, м	
	Під фундаментом по осі 2	Під фундаментом по осі 7
1Н	0,7	0,35
1Р	0,5	0,75
2а	0,7	0,8
2	3,3	3,2
2б	2,5	2,15
2в	-	-
3	3,4	3,15
4	1,7	1,85
5	4,9	5,25
6	1,4	1,65
7	1+	0,85+

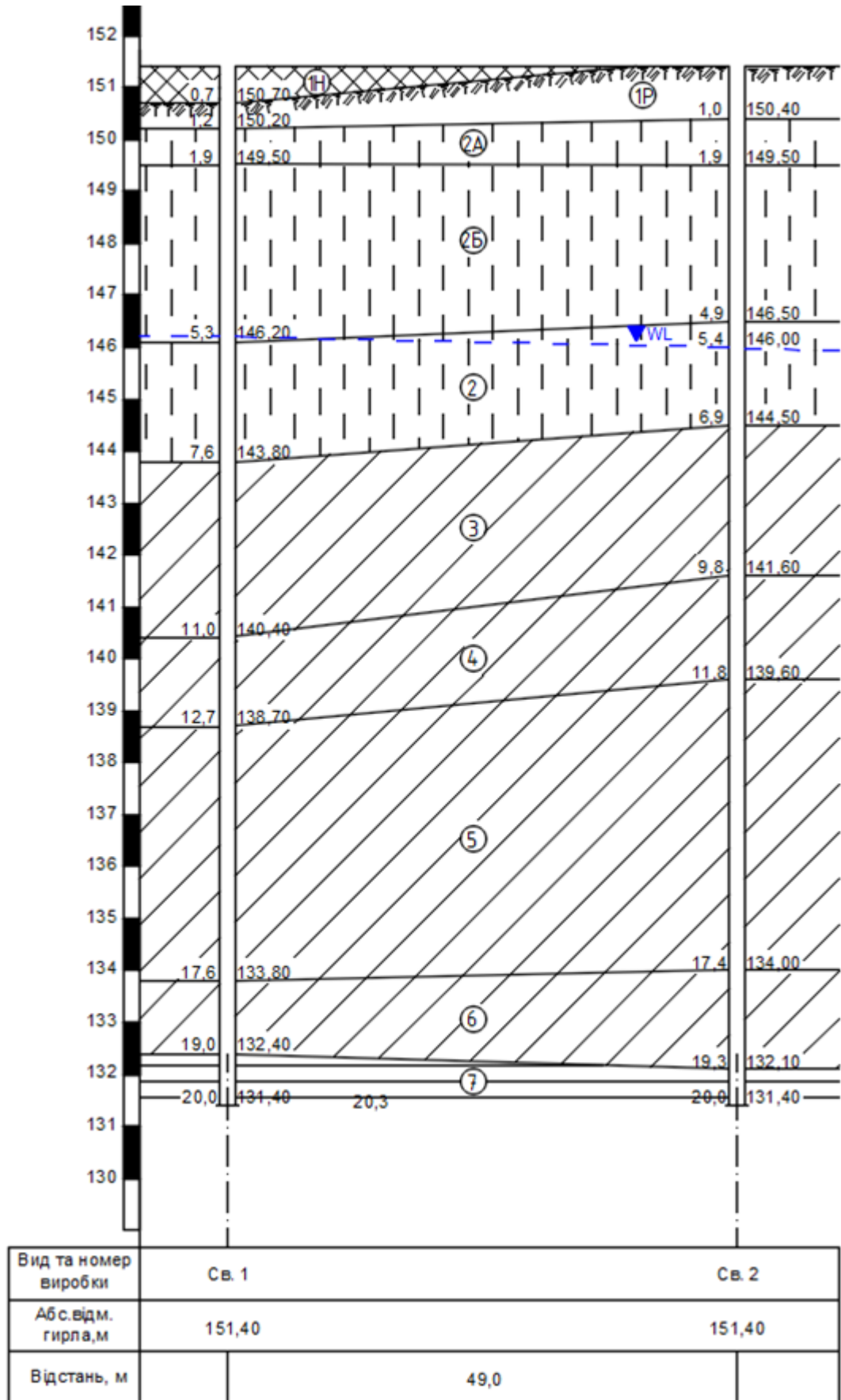


Рисунок 3.2 - Інженерно-геологічний розріз. Масштаб: горизонтальний 1:500;
вертикальний 1:100

3.3 Розрахунок і конструювання стовпчастого фундаменту

Запроектуємо підколонник фундаменту:

Мінімальна ширина підколонника:

$$b_{cf} = b_c + 2 \times 75 + 2 \times t, \quad (20)$$

де b_c - ширина колони;

t – ширина грані підколонника, приймаємо 150 мм.

$$b_{cf} = 750 \text{ мм} = 0,75 \text{ м},$$

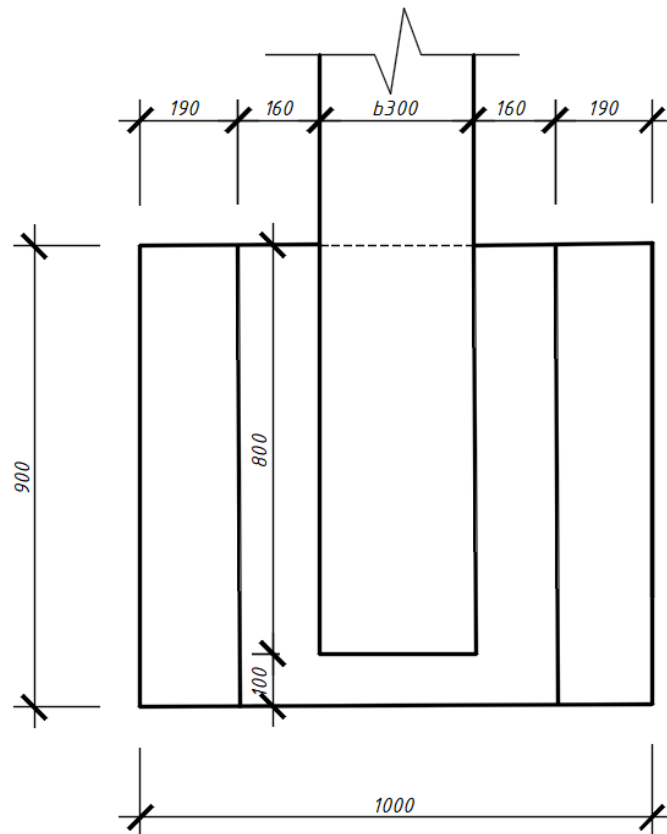


Рисунок 3.3 - Схема підколонника фундаменту:

Мінімальна довжина підколонника:

$$l_{cf} = l_c + 2 \times 0,075 + 2 \times t \quad (21)$$

де l_c - довжина колони;

$$l_{cf} = 300 + 2 \times 0,075 + 2 \times 0,15 = 0,75 \text{ м}$$

Мінімальну глибину стакану визначимо за формулою:

$$d_p = (1 \dots 2) \times l_c + 50 \quad (22)$$

$$d_p = 1,5 \times 300 + 50 = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м.}$$

Підберемо фундаментний стакан із сортаменту фірми «Бетон від Ковальської» з наступними розмірами:

$$b_{cf} = l_{cf} = 1,0 \text{ м;}$$

$$d_p = 0,9 \text{ м;}$$

$$t = 0,19 \text{ м;}$$

3.4 Розрахунок фундаменту під колону по осі 2

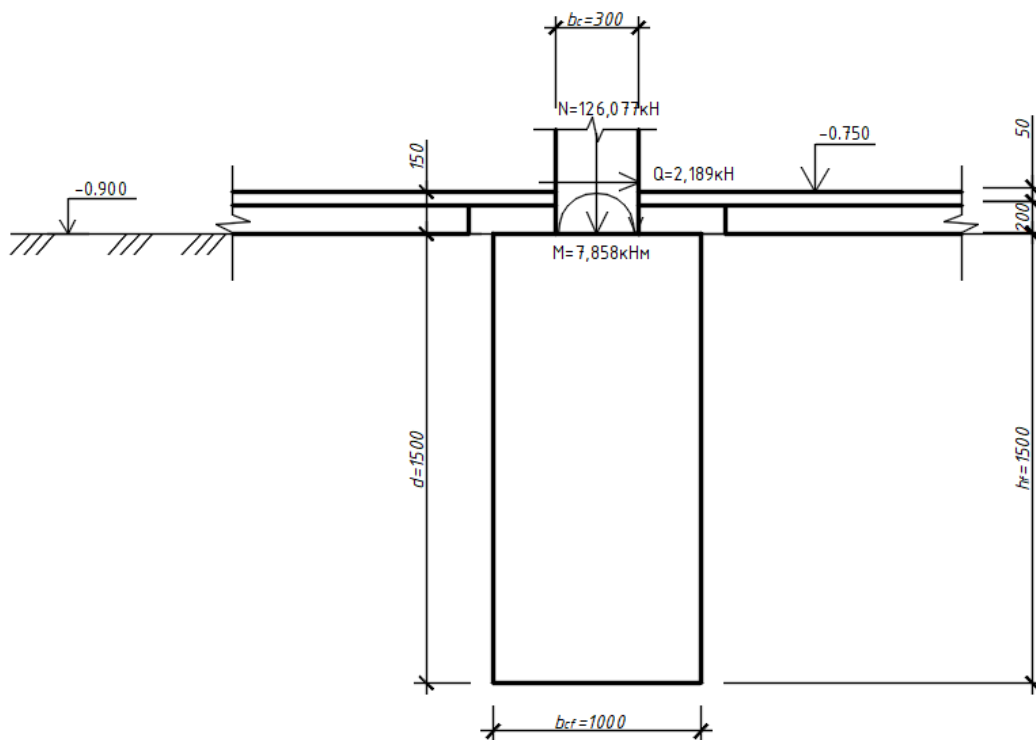


Рисунок 3.4 - Схема розрахункових навантажень на підколонник

Попередньо визначимо розмір підшви фундаменту:

$$b_0 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d'}} \quad (23)$$

$$\text{де: } \eta = \frac{l_c}{b_c} = \frac{0,3}{0,3} = 1;$$

N^{II} - поздовжнє зусилля яке діє на фундамент;

k_e - попередньо приймаємо рівним 1;

d - глибина закладання фундаменту;

R_0 - розрахунковий опір ґрунту.

$$b_0 = \sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{126,077 \times 1}{247 - 20 \times 1,5}} = 0,76 \text{ м,}$$

Визначається за ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд»(таблиця Е.4).

$$R_0 = 247 \text{ кПа;}$$

Проведемо уточнення розрахункового опору ґрунту під подошвою фундаменту:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} [M_\gamma \times k_z \times b_0 \times \gamma_{II} + M_q \times d_1 \times \gamma_{II}^I + M_c \times c_{II}], \quad (24)$$

де $d_1 = d = 1,5 \text{ м;}$

$$\gamma_{c1} = 1,1;$$

$$\gamma_{c2} = 1,0;$$

$$k = 1,1;$$

$$k_z = 1,0;$$

$$\gamma_{II} = 16,8 \text{ кН/м}^3; c_{II} = 5 \text{ кПа;}$$

$$M_\gamma = 0,32; M_q = 2,30; M_c = 4,99;$$

Визначимо усереднену питому вагу ґрунтів розташованих вище подошви фундаменту:

$$\gamma_{II}^I = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i} \quad (25)$$

$$\gamma_{II}^I = \frac{16,4 \times 0,7 + 14,3 \times 0,5 + 16,8 \times 0,3}{1,5} = 15,78 \text{ кН/м}^3,$$

Ексцентриситет:

$$e = M/N = 7,858/126,077 = 0,062,$$

$$k_e = 1 + \frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_0}{30} \right), \quad (26)$$

$$k_e = 1 + \frac{5}{0,76} \times \left(0,062 - \frac{0,76}{30} \right) = 1,24,$$

$$R_1 = \frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 0,76 \times 16,8 + 2,30 \times 1,5 \times 15,78 + 4,99 \times 5] = 83,48 \text{ кПа,}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d}}, \quad (27)$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d}} = \sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{126,077 \times 1,24}{83,48 - 20 \times 1,5}} = 1,71 \text{ м},$$

$$\left| \frac{b_1 - b_0}{b_1} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,71 - 0,76}{1,71} \right| \times 100\% = 53,97\% > 5\%,$$

$$k_e = 1 + \frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_1}{30} \right) = 1 + \frac{5}{1,71} \times \left(0,062 - \frac{1,71}{30} \right) = 1,01,$$

$$R_2 = \frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,71 \times 16,8 + 2,30 \times 1,5 \times 15,78 + 4,99 \times 5] = 88,58 \text{ кПа},$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d}} = \sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{126,077 \times 1,01}{88,58 - 20 \times 1,5}} = 1,47 \text{ м},$$

$$\left| \frac{b_2 - b_1}{b_2} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,47 - 1,71}{1,47} \right| \times 100\% = 16,33\% > 5\%,$$

$$k_e = 1 + \frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_2}{30} \right) = 1 + \frac{5}{1,47} \times \left(0,062 - \frac{1,47}{30} \right) = 1,044,$$

$$R_3 = \frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,47 \times 16,8 + 2,30 \times 1,5 \times 15,78 + 4,99 \times 5] = 87,29 \text{ кПа},$$

$$b_3 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d}} = \sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{126,077 \times 1,044}{87,29 - 20 \times 1,5}} = 1,52 \text{ м},$$

$$\left| \frac{b_3 - b_2}{b_3} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,52 - 1,47}{1,52} \right| \times 100\% = 3,4\% < 5\%$$

Підшову фундаменту приймаємо шириною $b=1,8$ м.

Знайдемо виліт плитної частини фундаменту:

$$c = \frac{b - b_{cf}}{2} = \frac{1,8 - 1}{2} = 0,4 \text{ м}$$

Приймаємо одну сходинку шириною 0,4 м та висотою 0,3 м. Тоді висота підколонника буде дорівнювати :

$$h_{cf} = h_f - h_1, \quad (28)$$

$$h_{cf} = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ м}$$

Загальна ширина фундаменту дорівнює:

$$b = 2c + b_{cf}, \quad (29)$$

$$b = 2c + b_{cf} = 2 \cdot 0,4 + 1 = 1,8 \text{ м}$$

Виконаємо перевірку напружень:

$$R = \frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,8 \times 16,8 + 2,30 \times 1,5 \times 15,78 + 4,99 \times 5] = 89,07 \text{ кПа}$$

1) Перевірка середніх напружень на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{mt} = \frac{\Sigma N^I}{A} = \frac{N^I + N_f + N_s}{b \times l} < R \quad (30)$$

Навантаження від власної ваги:

$$N_f = V_f \times \gamma_{bt} = (V_{cf} + V_1 + V_2) \times \gamma_{bt} = (b_{cf} \times l_{cf} \times h_{cf} + b_1 \times l_1 \times h_1) \times 25, \quad (31)$$

$$N_f = (1 \times 1 \times 1,2 + 1,8 \times 1,8 \times 0,3) \times 25 = 54,3 \text{ кПа}$$

Навантаження від ваги ґрунту на уступах фундаменту :

$$N_s = V_s \times \gamma^I_{II} = (V - V_f) \times \gamma^I_{II} = (b \times l \times h_f - V_{cf} - V_1) \times \gamma^I_{II}, \quad (32)$$

$$N_s = (1,8 \times 1,8 \times 1,5 - 1 \times 1 \times 1,2 - 1,8 \times 1,8 \times 0,3) \times 15,78 = 27,08 \text{ кПа},$$

$$\sigma_{mt} = \frac{126,077 + 54,3 + 27,08}{1,8 \times 1,8} = 64,03 \text{ кПа} < R = 89,07 \text{ кПа},$$

Перевірка виконується.

2) Перевірка максимальних напружень на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{max} = \frac{\Sigma N^I}{A} + \frac{\Sigma M^I}{W} = \sigma_{mt} + \frac{\Sigma M^I}{W} \leq 1,2 \times R, \quad (33)$$

$$\Sigma M^I = M^I + Q^I \times h_f, \quad (34)$$

$$\Sigma M^I = 7,858 + 2,189 \times 1,5 = 11,14 \text{ кНм},$$

$$W = \frac{b \times l^2}{6} = \frac{1,8 \times 1,8^2}{6} = 0,972 \text{ м}^3,$$

$$\sigma_{max} = 64,03 + \frac{11,14}{0,972} = 75,49 \text{ кПа} < R \times 1,2 = 89,07 \times 1,2 = 106,884 \text{ кПа},$$

3) Перевірка мінімальних напружень на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma N^I}{A} - \frac{\Sigma M^I}{W} = \sigma_{mt} - \frac{\Sigma M^I}{W} > 0, \quad (35)$$

$$\sigma_{min} = 64,03 - \frac{11,14}{0,972} = 52,57 \text{ кПа} > 0$$

3.5 Розрахунок фундаменту під колону по осі 7

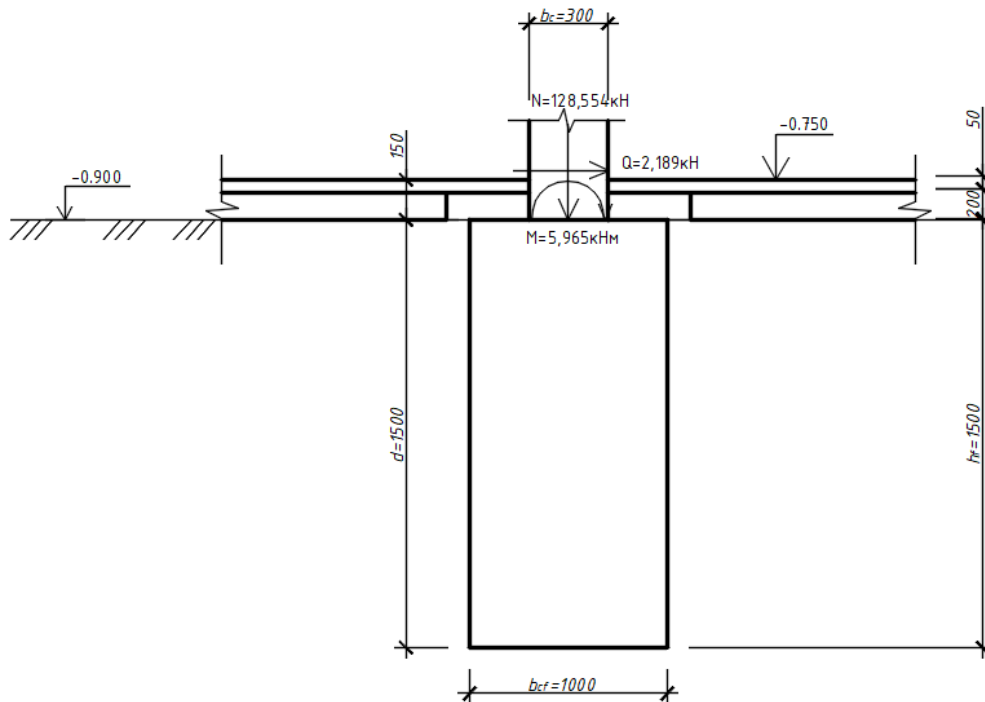


Рисунок 3.7 - Схема розрахункових навантажень на підколонник:

Попередньо визначимо розмір підшви фундаменту:

$$b_0 = \sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0 - 20 \times d}} = \sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{128,554 \times 1}{247 - 20 \times 1,5}} = 0,77 \text{ м},$$

де: $\eta = \frac{l_c}{b_c} = \frac{0,3}{0,3} = 1;$

$R_0 = 247 \text{ кПа};$

Проведемо уточнення розрахункового опору ґрунту під підшвою фундаменту:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} [M_\gamma \times k_z \times b_0 \times \gamma_{II} + M_q \times d_1 \times \gamma_{II} + M_c \times c_{II}],$$

де $d_1 = d = 1,5 \text{ м};$

$\gamma_{c1} = 1,1;$

$\gamma_{c2} = 1,0;$

$k = 1,1;$

$k_z = 1,0;$

$$\gamma_{II}=16,8 \text{ кН/м}^3; c_{II}=5 \text{ кПа},$$

$$M_\gamma=0,32; M_q=2,30; M_c=4,99,$$

Визначимо усереднену питому вагу ґрунтів розташованих вище підосви фундаменту:

$$\gamma'_{II}=\frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i}=\frac{16,4 \times 0,35+14,3 \times 0,75+16,8 \times 0,4}{1,5}=15,46 \text{ кН/м}^3,$$

Ексцентриситет:

$$e=M/N=5,965/128,554=0,0464;$$

$$k_e=1+\frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_0}{30}\right)=1+\frac{5}{0,77} \times \left(0,0464 - \frac{0,77}{30}\right)=1,13,$$

$$R_1=\frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 0,76 \times 16,8+2,30 \times 1,5 \times 15,46+4,99 \times 5]=82,37 \text{ кПа};$$

$$b_1=\sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0-20 \times d}}=\sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{128,554 \times 1,13}{82,37-20 \times 1,5}}=1,67 \text{ м};$$

$$\left| \frac{b_1-b_0}{b_1} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,67-0,77}{1,67} \right| \times 100\% = 53,89\% > 5\%;$$

$$k_e=1+\frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_1}{30}\right)=1+\frac{5}{1,67} \times \left(0,0464 - \frac{1,67}{30}\right)=0,97;$$

$$R_2=\frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,67 \times 16,8+2,30 \times 1,5 \times 15,46+4,99 \times 5]=87,26 \text{ кПа};$$

$$b_2=\sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0-20 \times d}}=\sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{128,554 \times 0,97}{87,26-20 \times 1,5}}=1,48 \text{ м};$$

$$\left| \frac{b_2-b_1}{b_2} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,48-1,67}{1,48} \right| \times 100\% = 12,83\% > 5\%;$$

$$k_e=1+\frac{5}{b_0} \times \left(e - \frac{b_2}{30}\right)=1+\frac{5}{1,48} \times \left(0,0464 - \frac{1,48}{30}\right)=0,99;$$

$$R_3=\frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,48 \times 16,8+2,30 \times 1,5 \times 15,46+4,99 \times 5]=86,24 \text{ кПа};$$

$$b_3=\sqrt{\frac{1}{\eta} \times \frac{N^{II} \times k_e}{R_0-20 \times d}}=\sqrt{\frac{1}{1} \times \frac{128,554 \times 0,99}{86,24-20 \times 1,5}}=1,51 \text{ м};$$

$$\left| \frac{b_3-b_2}{b_3} \right| \times 100\% = \left| \frac{1,51-1,48}{1,51} \right| \times 100\% = 1,99\% < 5\%;$$

Підосву фундаменту приймаємо шириною $b=1,8$ м;

Знайдемо виліт плитної частини фундаменту:

$$c = \frac{b - b_{cf}}{2} = \frac{1,8 - 1}{2} = 0,4 \text{ м};$$

Приймаємо одну сходинку шириною 0,4 м та висотою 0,3 м. Тоді висота підколоники буде дорівнювати :

$$h_{cf} = h_f - h_I = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ м};$$

Загальна ширина фундаменту дорівнює:

$$b = 2c + b_{cf} = 2 \cdot 0,4 + 1 = 1,8 \text{ м};$$

Виконаємо перевірку напружень:

$$R = \frac{1,1 \times 1,0}{1,1} [0,32 \times 1,0 \times 1,8 \times 16,8 + 2,30 \times 1,5 \times 15,46 + 4,99 \times 5] = 87,97 \text{ кПа};$$

1) Перевірка середніх напружень на рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{mt} = \frac{\Sigma N^{II}}{A} = \frac{N^{II} + N_f + N_s}{b \times l} < R;$$

Навантаження від власної ваги:

$$N_f = V_f \times \gamma_{bt} = (V_{cf} + V_1 + V_2) \times \gamma_{bt} = (b_{cf} \times l_{cf} \times h_{cf} + b_1 \times l_1 \times h_1) \times 25 = (1 \times 1 \times 1,2 + 1,8 \times 1,8 \times 0,3) \times 25 = 54,3 \text{ кПа};$$

Навантаження від ваги ґрунту на уступах фундаменту :

$$N_s = V_s \times \gamma_{II}^I = (V - V_f) \times \gamma_{II}^I = (b \times l \times h_f - V_{cf} - V_1) \times \gamma_{II}^I = (1,8 \times 1,8 \times 1,2 - 1 \times 1 \times 1,2 - 1,8 \times 1,8 \times 0,3) \times 15,48 = 26,56 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{mt} = \frac{128,554 + 54,3 + 26,56}{1,8 \times 1,8} = 64,63 \text{ кПа} < R = 87,97 \text{ кПа};$$

Перевірка виконується.

2) Перевірка максимальних напружень на рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{max} = \frac{\Sigma N^{II}}{A} + \frac{\Sigma M^{II}}{W} = \sigma_{mt} + \frac{\Sigma M^{II}}{W} \leq 1,2 \times R;$$

$$\Sigma M^{II} = M^{II} + Q^{II} \times h_f = 5,965 + 2,189 \times 1,5 = 9,25 \text{ кНм};$$

$$W = \frac{b \times l^2}{6} = \frac{1,8 \times 1,8^2}{6} = 0,972 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{max} = 64,63 + \frac{11,14}{0,972} = 76,09 \text{ кПа} < R \times 1,2 = 87,97 \times 1,2 = 105,54 \text{ кПа};$$

3) Перевірка мінімальних напружень на рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma N^{II}}{A} - \frac{\Sigma M^{II}}{W} = \sigma_{mt} - \frac{\Sigma M^{II}}{W} > 0;$$

$$\sigma_{min} = 64,63 - \frac{11,14}{0,972} = 53,17 \text{ кПа} > 0;$$

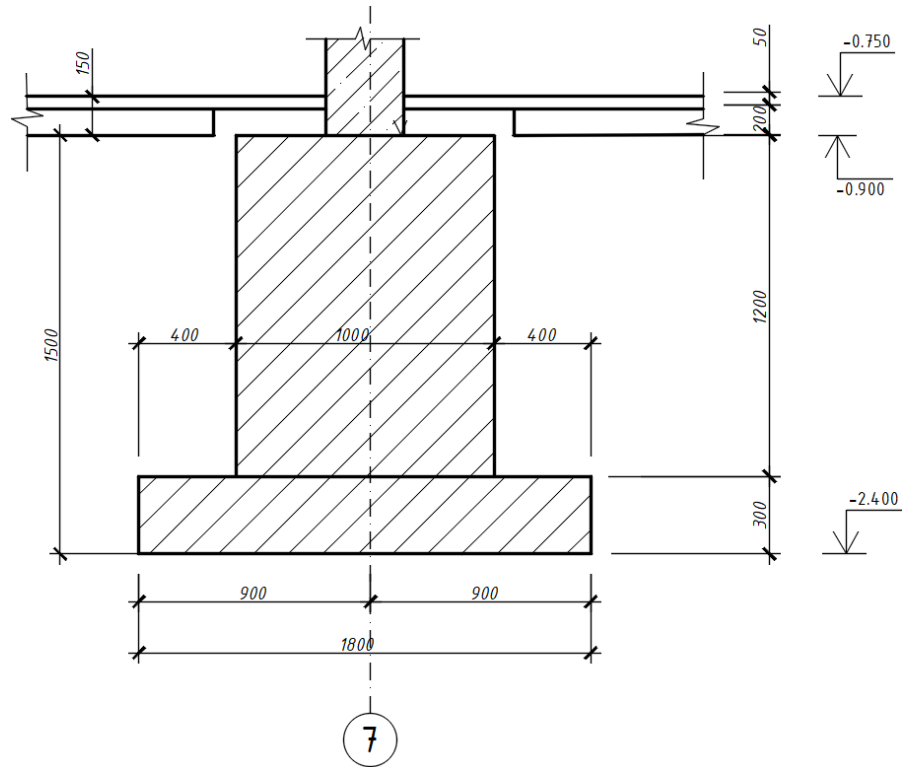


Рисунок 3.8 - Остаточна схема стовпчастого фундаменту по осі 7

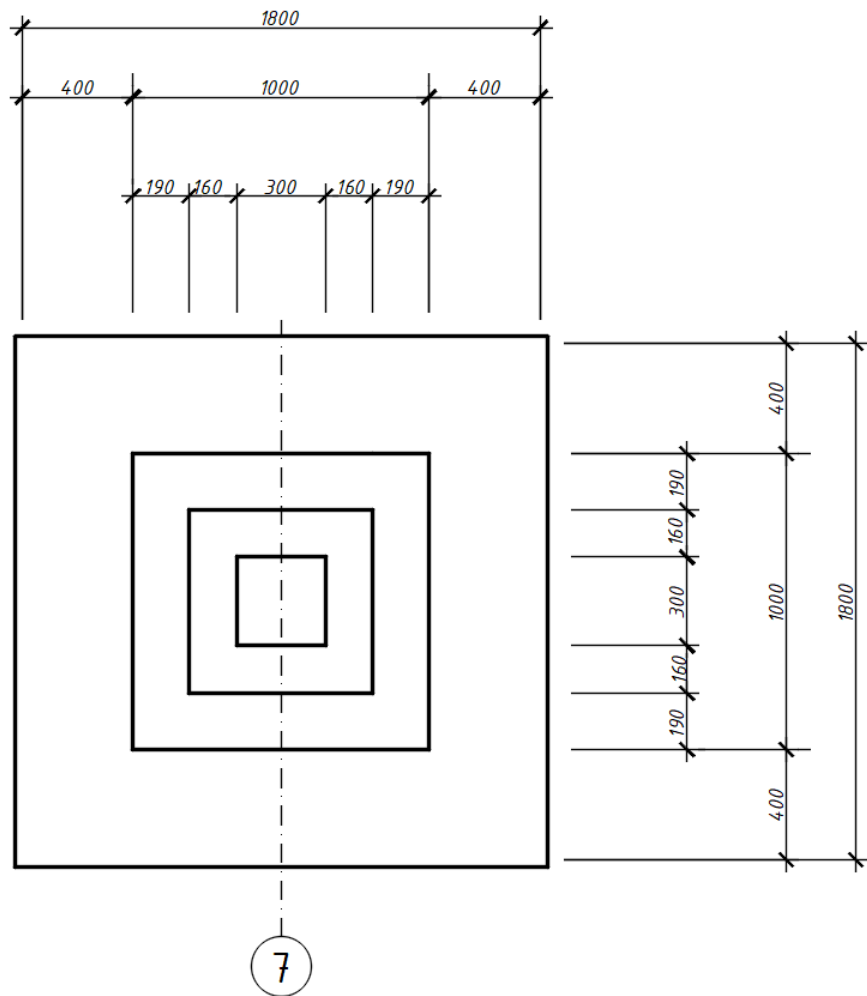


Рисунок 3.9 - Остаточна схема підколонника по осі 7

3.6 Визначення осідання стовпчастого фундаменту

3.6.1 Стовпчастий фундамент під колону по осі 2

Осідання фундаменту визначимо методом пошарового підсумування.

Потужність елементарного шару:

$$h_i \leq 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 1,8 = 0,72 \text{ (м)}. \text{ Приймаємо } h=0,7 \text{ м};$$

Знайдемо напруження від власної ваги ґрунту:

- напруження на підшві першого шару:

$$\sigma_{zg}^I = \gamma_1 \cdot h_1 \quad (36)$$

$$\sigma_{zg}^I = 16,4 \cdot 0,7 = 11,48 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві другого шару:

$$\sigma_{zg}^{II} = \sigma_{zg}^I + \gamma_2 \cdot h_2 \quad (37)$$

$$\sigma_{zg}^{II} = 11,48 + 14,3 \cdot 0,5 = 18,63 \text{ кПа}$$

- напруження на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{zg}^{III} = \sigma_{zg}^{II} + \gamma_3 \cdot (d - h_1 - h_2) \quad (38)$$

$$\sigma_{zg}^{III} = 18,63 + 16,8 \cdot (1,5 - 0,7 - 0,5) = 23,67 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві третього шару:

$$\sigma_{zg}^{IV} = \sigma_{zg}^{III} + \gamma_3 \cdot (h_3 - d - h_1 - h_2) \quad (39)$$

$$\sigma_{zg}^{IV} = 23,67 + 16,8 \cdot (0,7 - 0,3) = 30,39 \text{ кПа.}$$

- напруження на рівні ґрунтових вод :

$$\sigma_{zg}^V = \sigma_{zg}^{IV} + \gamma_4 \cdot (h_4 - 0,1) \quad (40)$$

$$\sigma_{zg}^V = 30,39 + 18,4 \cdot 3,4 - 0,1 = 88,47 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві четвертого шару:

$$\sigma_{zg}^{VI} = \sigma_{zg}^V + \gamma_{4sb} \cdot (h_4 - 3,3) \quad (41)$$

$$\sigma_{zg}^{VI} = 91,11 + 8,94 \cdot (3,4 - 3,3) = 91,9 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві п'ятого шару:

$$\sigma_{zg}^{VII} = \sigma_{zg}^{VI} + \gamma_{5sb} \cdot h_5 \quad (42)$$

$$\sigma_{zg}^{VII} = 91,9 + 8,81 \cdot 2,3 = 112,163 \text{ кПа.}$$

Знайдемо додатковий тиск на основу від дії зовнішнього навантаження:

$$-\sigma_{zp,0} = \sigma_{mt} = 64,03 \text{ кПа};$$

$$-\sigma_{zp,1} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_1 = 64,03 \cdot 0,944 = 60,44 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 0,4/1,8 = 0,444;$$

$$z = 0,4;$$

$$\alpha_1 = 0,944;$$

$$-\sigma_{zp,2} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_2 = 64,03 \cdot 0,597 = 38,22 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 1,1/1,8 = 1,222;$$

$$z = 1,1;$$

$$\alpha_2 = 0,597;$$

$$-\sigma_{zp,3} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_3 = 64,03 \cdot 0,336 = 21,51 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 1,8/1,8 = 2,0;$$

$$z = 1,8;$$

$$\alpha_2 = 0,336;$$

$$-\sigma_{zp,4} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_4 = 64,03 \cdot 0,204 = 13,06 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 2,5/1,8 = 2,777;$$

$$z = 2,5;$$

$$\alpha_2 = 0,204;$$

$$-\sigma_{zp,5} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_5 = 64,03 \cdot 0,134 = 8,58 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 3,2/1,8 = 3,555;$$

$$z = 3,2;$$

$$\alpha_2 = 0,134;$$

$$-\sigma_{zp,6} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_6 = 64,03 \cdot 0,103 = 6,6 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 3,7/1,8 = 4,111;$$

$$z = 3,7;$$

$$\alpha_2 = 0,103;$$

Так як $\sigma_{zp,6} = 6,6 < 0,2 \sigma_{zg}^V = 0,2 \cdot 88,47 = 17,694$, то нижче цієї точки осідання не розраховуємо.

Таблиця 3.2

Таблиця розрахунку осідання фундаменту

№ точк и	Глибина точки Z, м	$\xi = \frac{2z}{b}$	α	σ_{zg} , кПа	σ_{zp} , кПа	$\sigma_{zp,i,сep} =$ $(\sigma_{zp,i-1} +$ $\sigma_{zp,i}) / 2,$ кПа	E, кПа	h, см	Осіда ння шару, S, мм	№ ПЕ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0	1	30,39	64,03	62,24	7000	40	2,845	2а
1	0,4	0,45 7	0,937		60,44	49,33	7000	70	3,946	
2	1,1	1,25 7	0,584	88,47	38,22	29,87	7000	70	2,39	26
					21,51					
3	1,8	2,05 7	0,325		13,0 6	17,29	7000	70	1,383	
4	2,5	2,8 57	0,19 5		10,82	7000	70	0,866		
5	3,2	3,6 57	0,12 8		8,58	7,59	7000	50	0,434	
6	3,7	4,22 9	0,098 3		6,6					

Осідання кожного елементарного шару:

$$S_i = \beta \frac{\sigma_{zp,сep}^i \cdot h_i}{E_i};$$

Згідно з регламентом ДБН В.2.1-10:2018 «Основи та фундаменти будівель і споруд», величина прогнозованого осідання основи має залишатися в межах гранично дозволених нормами значень для відповідного типу конструкцій. У результаті розрахунків встановлено, що очікуване осідання становить $S = 1,18$ см, що є меншим за допустиме значення, тому вимоги нормативного документа виконуються.

Розраховане осідання фундаменту становить $S = 1,18$ см.

Умова $S = 1,18$ см $<$ $S_U = 10$ см виконується.

Несуча здатність забезпечена, осідання відповідає вимогам діючих норм. Остаточно приймаємо стовпчастий фундамент під колону по осі 2 з підібраними розмірами.

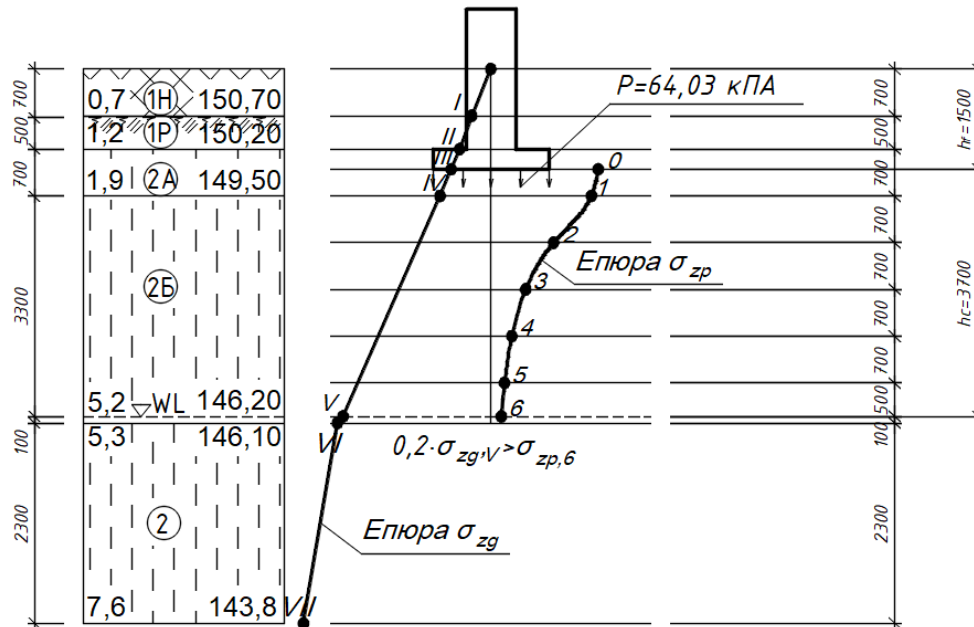


Рисунок 3.9 - Епюра вертикальних напружень в основі

3.6.2 Стовпчастий фундамент під колону по осі 7

Осідання фундаменту визначимо методом пошарового підсумування.

Потужність елементарного шару:

$$h_i \leq 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 1,8 = 0,72 \text{ (м)}.$$

Приймаємо $h=0,7$ м;

Знайдемо напруження від власної ваги ґрунту:

- напруження на підшві першого шару:

$$\sigma_{zg}^I = \gamma_1 \cdot h_1 = 16,4 \cdot 0,35 = 5,74 \text{ кПа}.$$

- напруження на підшві другого шару:

$$\sigma_{zg}^{II} = \sigma_{zg}^I + \gamma_2 \cdot h_2 = 5,74 + 14,3 \cdot 0,75 = 16,47 \text{ кПа}.$$

- напруження на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{zg}^{III} = \sigma_{zg}^{II} + \gamma_3 \cdot (d - h_1 - h_2) = 16,47 + 16,8 \cdot (1,5 - 0,35 - 0,75) = 23,19 \text{ кПа}.$$

- напруження на підшві третього шару:

$$\sigma_{zg}^{IV} = \sigma_{zg}^{III} + \gamma_3 \cdot (h_3 - d - h_1 - h_2) = 23,19 + 16,8 \cdot (0,8 - 0,4) = 29,91 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві четвертого шару:

$$\sigma_{zg}^V = \sigma_{zg}^{IV} + \gamma_4 \cdot h_4 = 29,91 + 18,4 \cdot 3,2 = 88,79 \text{ кПа.}$$

- напруження на рівні ґрунтових вод :

$$\sigma_{zg}^{VI} = \sigma_{zg}^V + \gamma_5 \cdot (h_5 - 1,95) = 88,79 + 18,4 \cdot (2,15 - 1,95) = 92,47 \text{ кПа.}$$

- напруження на підшві п'ятого шару:

$$\sigma_{zg}^{VII} = \sigma_{zg}^{VI} + \gamma_{5sb} \cdot (h_5 - 0,2) = 92,47 + 8,81 \cdot (2,15 - 0,2) = 109,65 \text{ кПа.}$$

Знайдемо додатковий тиск на основу від дії зовнішнього навантаження:

$$-\sigma_{,0} = \sigma_{mt} = 64,63 \text{ кПа;}$$

$$-\sigma_{zp,1} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_1 = 64,63 \cdot 0,944 = 60,07 \text{ кПа;}$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 0,4/1,8 = 0,444;$$

$$z = 0,4;$$

$$\alpha_1 = 0,944;$$

$$-\sigma_{zp,2} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_2 = 64,63 \cdot 0,597 = 37,99 \text{ кПа;}$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 1,1/1,8 = 1,222;$$

$$z = 1,1;$$

$$\alpha_2 = 0,597;$$

$$-\sigma_{zp,3} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_3 = 64,63 \cdot 0,336 = 21,38 \text{ кПа;}$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 1,8/1,8 = 2,0;$$

$$z = 1,8;$$

$$\alpha_2 = 0,336;$$

$$-\sigma_{zp,4} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_4 = 64,63 \cdot 0,204 = 12,98 \text{ кПа;}$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 2,5/1,8 = 2,777;$$

$$z = 2,5;$$

$$\alpha_2 = 0,204;$$

$$-\sigma_{zp,5} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_5 = 64,63 \cdot 0,134 = 8,53 \text{ кПа;}$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 3,2/1,8 = 3,555;$$

$$z = 3,2;$$

$$\alpha_2 = 0,134;$$

$$-\sigma_{zp,6} = \sigma_{zp,0} \cdot \alpha_6 = 64,63 \cdot 0,121 = 6,55 \text{ кПа};$$

$$\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 3,4/1,8 = 4,111;$$

$$z = 3,4;$$

$$\alpha_2 = 0,121;$$

Так як $\sigma_{zp,6} = 6,55 < 0,2 \sigma_{zg}^V = 0,2 \cdot 88,79 = 17,758$, то нижче цієї точки осідання не розраховуємо.

Таблиця 3.3

Таблиця розрахунку осідання фундаменту:

№ точк и	Глибина точки Z, м	$\xi = \frac{2z}{b}$	α	σ_{zg} , кПа	σ_{zp} , кПа	$\sigma_{zp,i,сep} =$ $(\sigma_{zp,i-1} +$ $\sigma_{zp,i}) / 2,$ кПа	E, кПа	h, см	Осіда ння шару, S, мм	№ ІГЕ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0	1	29,91	64,63	62,35	7000	40	2,85	2а
1	0,4	0,45 7	0,937		60,07	49,03	7000	70	3,922	
2	1,1	1,25 7	0,584	88,79	37,99	29,69	7000	70	2,135	2б
3	1,8	2,05 7	0,325		21,38					
4	2,5	2,8 57	0,19 5		12,9 8	10,76	7000	70	0,861	
5	3,2	3,6 57	0,12 8		8,53	8,18	7000	20	0,187	
6	3,4	3,88 6	0,115		6,55					

Осідання кожного елементарного шару:

$$S_i = \beta \frac{\sigma_{zp,сep}^i \cdot h_i}{E_i};$$

Відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд», граничне значення осідання для цивільних одно- та багатоповерхових будівель приймається на рівні $S_U = 10$ см.

Розраховане осідання фундаменту становить $S = 1,13$ см.

Умова $S = 1,13$ см $<$ $S_U = 10$ см що свідчить про виконання вимог нормативних документів.

Отже, несуча здатність основи забезпечена, а деформації фундаменту знаходяться в допустимих межах. За результатами розрахунку остаточно приймається стовпчастий фундамент під колону по осі 7 з підібраними конструктивними параметрами.

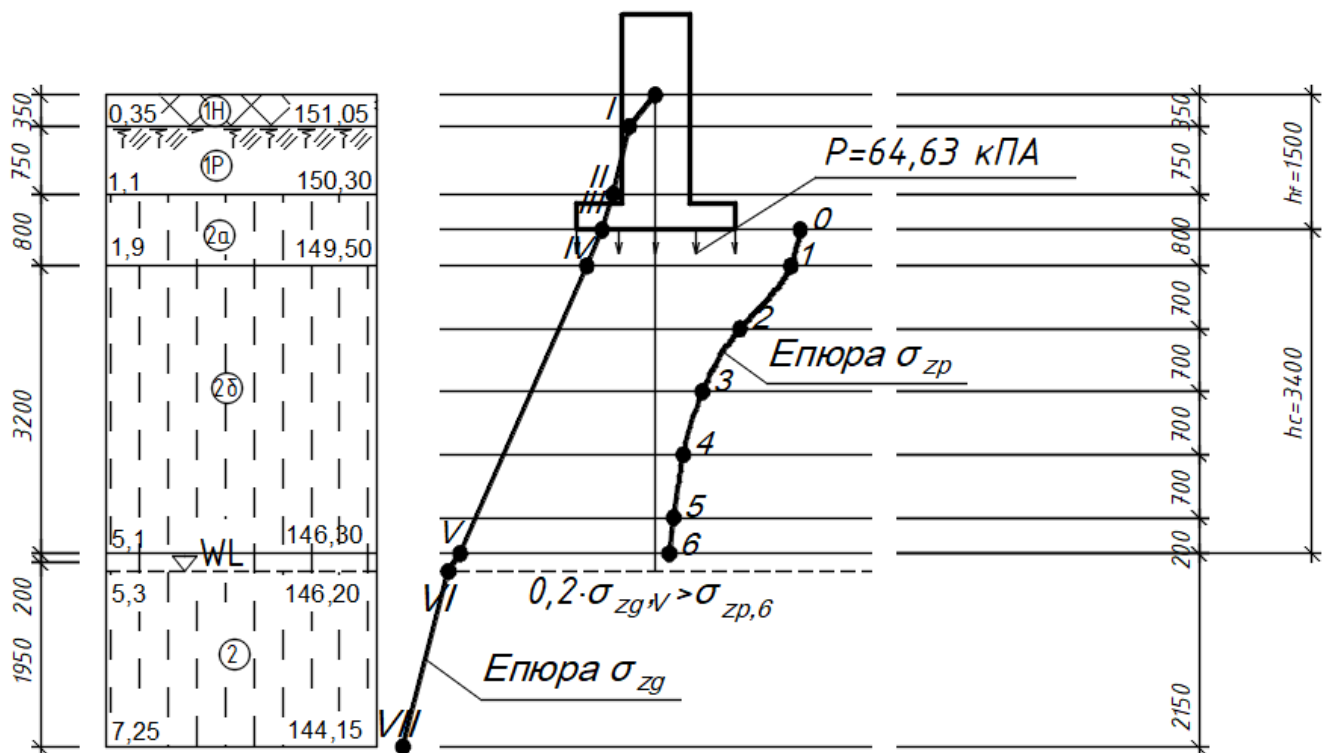


Рисунок 3.10 - Епюра вертикальних напружень в основі

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

4.1 Вихідні дані для розробки технологічної карти

Розробимо технологічну карту на монтаж металевої ферми басейну.

Передбачається нове будівництво. Виконання робіт здійснюється в нормальних кліматичних умовах.

Ферма встановлюється по осях А, В, Д, Е, Ж, З, И, К, Л на колони по осях 2 та 7.

Монтаж здійснюється після завершення робіт із улаштування фундаментів, монтажу колон та перевірки правильності їх геометричного положення.

Закріплення ферми до оголовка колони виконується високоміцними болтами (6 шт.) з обох сторін.

Верхня відмітка оголовків колон становить +9,170 м.

До початку монтажних робіт повинні бути виконані такі підготовчі заходи:

- завершено монтаж і остаточне закріплення колон;
- виконано геодезичну перевірку положення колон у плані та по висоті;
- підготовлено монтажний майданчик і під'їзні шляхи;
- організовано місця складування металоконструкцій;
- встановлено необхідні попереджувальні знаки та огороження небезпечних зон;
- підготовлено монтажне оснащення, вантажозахоплювальні пристрої та інструмент;
- проведено інструктаж працівників з охорони праці.

Монтаж ферм виконується баштовим краном КБМ-401П із попереднім складуванням конструкцій у зоні дії крана.

Так як ферма опирається на колони з однією висотною позначкою оголовка, тоді її монтаж виконується в один етап: ферму в горизонтальному положенні опускають гаком крана в проектне положення та закріплюють її до оголовків обох колон високоміцними болтами.

Перша у прогоні ферма для вивірення тимчасово закріплюється за допомогою розтяжок.

Для тимчасового закріплення й вивірення ферм застосовуємо розчалки.

Відомість монтажних елементів наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Відомість монтажних елементів

Елемент	Марка	Геометричні розміри, мм			К-ть, шт	Маса, т	
		Довжина	Ширина	Висота		одного елем.	всього
1	2	3	4	5	6	7	8
Колони по осі 2, 7	К1	300	300	9920	15	2,3	34,5
Ферма басейну	Ф1	24000	288	2970	9	3,007	27,063
Плити перекриття	ПК 60.15	6000	1500	220	68	2,6	176,8
	ПК 30.12	3000	1200		20	1,05	21
						Разом, т	259,363

Ферми доставляються на будівельний майданчик автомобільним транспортом та розташовуються в зоні монтажу на дерев'яних підкладках. Під час складування забезпечується стійке положення конструкцій, виключається можливість їх пошкодження або деформації. Перед монтажем кожна ферма оглядається, перевіряється відповідність геометричних розмірів проекту, стан антикорозійного покриття та наявність монтажних отворів.

Для забезпечення безпечного виконання монтажних робіт на колонах попередньо встановлюються інвентарні драбини та монтажні площадки. Це забезпечує доступ монтажників до вузлів кріплення та дозволяє виконувати роботи із закріплення конструкцій безпосередньо в проектному положенні.

Стропування ферм здійснюється із застосуванням монтажної траверси, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження та запобігає виникненню додаткових деформацій у конструкції під час підймання. Перед основним

підйомом виконується пробне підймання ферми на висоту 200–300 мм від поверхні землі з метою перевірки правильності стропування та надійності роботи вантажозахоплювальних пристроїв.

4.2 Підбір монтажного крану

Параметри, необхідні для вибору крану, наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Необхідні параметри крану

№	Елемент, що монтується	Параметри крану		
		Q, т	R, м	h _п , м
1	2	3	4	5
1	Плита перекриття: 1. Стропа СК 1-3.2 – 0,044 т 2. Плита перекриття ПК – 2,6 т	2,644	26	4,8
2	Колона металева: 1. Стропа СК 6.3 – 0,04 т 2. Колона залізобетонна – 2,3 т	2,34	29	9,92
3	Ферма металева Ф1: 1. Траверса Т2-2/10 – 0,6 т 2. Ферма металева Ф1 – 3,007 т	3,607	29	13,04

Згідно з основними монтажними параметрами для виконання будівельно-монтажних робіт приймається баштовий кран КБМ-401П.

Вантажопідймальні характеристики крану КБМ-401П:

Максимальна вантажопідйомність: 10 т;

Вантажопідйомність при максимальному вильоті: 4,7 т;

Максимальний виліт стріли: 30 м;

Максимальна висота підйому: 24,8 м.

4.3 Визначення трудових затрат

Витрати праці на монтаж ферм басейну наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Витрати праці на монтаж ферм басейну

№	Найменування роботи	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Обґрунтування за ДСТУ	Трудозатрати на одиницю		Трудозатрати всього		Середній розряд
					ч.го д	м.год	ч.год	м.го д	
1	3	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Улаштування драбини і площадки для монтажника	шт	10	9258	0.4	-	4	-	3.2
2	Стропування ферми	шт	9		0.2	-	1,8	-	
3	Монтаж металевих ферм	1 т	27,063		36.7	5.31	993.21	143.7	
4	Розстропування ферми	шт	9		0.2	-	1,8	-	
5	Зняття розтяжок і розчалок	шт	9		0.4	-	3,6	-	

Монтаж ферм виконується в такій послідовності:

- установлення монтажних площадок і драбин;
- стропування ферми;
- підймання ферми краном;
- переміщення конструкції до місця монтажу;
- наведення ферми в проєктне положення;
- тимчасове закріплення конструкції;
- остаточне кріплення ферми високоміцними болтами;
- перевірка правильності встановлення;
- розстропування;

- демонтаж тимчасових розчалок після забезпечення просторової стійкості каркаса.

Технологічні розрахунки на улаштування покриття басейну наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Технологічні розрахунки на улаштування покриття басейну

№	Найменування роботи	Один. виміру	Об'єм робіт	Обґрунтування	Трудозатр.		Склад бригади, чоловік	Тривалість, змін
					Нормат.	Прийн.		
1	Улаштування драбини і площадки для монтажника	шт	10	9258	<u>0.5</u>	<u>1</u>	6	1
2	Стропування ферми	шт	9		<u>0.225</u>	<u>1</u>		1
3	Монтаж металевих ферм прольотом до 24 м	т	27.063		<u>124,15</u> <u>17.96</u>	<u>120</u> <u>20</u>		20
4	Розстропування ферми	шт	9		<u>0.225</u>	<u>1</u>		1
5	Зняття розтяжок і розчалок	шт	9		<u>0.45</u>	<u>1</u>		1
Всього:							20	

4.4 Визначення допоміжних матеріалів

Оскільки ферми спираються на колони з однаковими висотними відмітками оголовків, монтаж виконується в один етап. Після подавання конструкції в зону монтажу ферма встановлюється на опорні вузли колон і закріплюється високоміцними болтами відповідно до проектних рішень.

Для забезпечення стійкості першої встановленої ферми застосовуються тимчасові розтяжки та розчалки. Вони запобігають втраті стійкості конструкції під дією вітрових та монтажних навантажень до моменту утворення просторово жорсткої системи покриття. Розчалки закріплюються до надійних опорних

елементів і демонтуються лише після остаточного закріплення суміжних конструкцій.

Під час монтажу особлива увага приділяється забезпеченню просторової незмінюваності каркаса. Кожна встановлена ферма повинна бути надійно закріплена до початку монтажу наступної конструкції. Не допускається залишення незакріплених елементів під час перерв у роботі або після закінчення зміни.

Витрати допоміжних матеріалів наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Витрати допоміжних матеріалів

№	Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Всього
1	Болти з шестигранною головкою оцинковані d = 12 мм	т	0.005
2	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1.6x50 мм	т	0.001
3	Канати пенькові просочені	т	0.001
4	Кисень технічний газоподібний	м ³	14.442
5	Катанка гарячекатана в мотках d = 6.3-6.5 мм	т	0.001
6	Швелер №40 з гарячекатаного прокату	т	0.02
7	Електроди Э42 d = 2 мм	т	0.004
8	Бруски обрізні 4-6.5 м, шириною 75-150 мм, товщиною 40-75 мм	м ³	0.011
9	Ґрунтовка ГФ-021 червоно-коричнева	т	0.004
10	Розчинник Р-4	т	0.001
11	Канат подвійної завивки 1770 Н/мм ² d = 5.5 мм	10 м	0.187
12	Пропан-бутан технічний	м ³	5.883

4.5 Контроль якості монтажних робіт

Контроль якості монтажних робіт виконується відповідно до вимог чинних нормативних документів та проєктної документації і включає вхідний, операційний та приймальний контроль.

Вхідний контроль передбачає перевірку відповідності металоконструкцій вимогам проєкту, наявності сертифікатів якості, перевірку геометричних розмірів конструкцій та стану захисного антикорозійного покриття.

Операційний контроль виконується безпосередньо під час монтажу та включає перевірку правильності стропування, точності встановлення конструкцій, відповідності монтажних з'єднань проєкту та якості виконання кріплень.

Після встановлення ферм здійснюється геодезичний контроль їх положення у плані та по висоті. Перевіряється відповідність відміток опорних вузлів, відстаней між конструкціями та точність розташування осей.

Приймальний контроль передбачає перевірку якості змонтованих конструкцій після завершення монтажних робіт. Результати контролю оформлюються відповідними актами та записами у виконавчій документації.

4.6 Організація робочого місця монтажників

Робочі місця монтажників організуються таким чином, щоб забезпечити безпечно та безперервне виконання монтажних операцій. Для доступу до вузлів кріплення використовуються інвентарні драбини та монтажні площадки, встановлені на колонах до початку монтажу ферм.

Інструменти, кріпильні елементи та допоміжні пристрої розміщуються в місцях, що забезпечують зручність виконання робіт і виключають можливість їх падіння з висоти. Робоча зона повинна підтримуватися у впорядкованому стані протягом усього періоду монтажу.

Організація робочого місця повинна забезпечувати раціональне використання праці монтажників, скорочення непродуктивних витрат часу та дотримання вимог безпеки праці.

4.7 Відомість основних машин та механізмів

Відомість основних машин та механізмів наведена у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Відомість основних машин та механізмів

№	Найменування	Марка	Кількість	Характеристика
1	Кран баштовий	КБМ-401П	1	Q = 10 т
2	Напівпричіп	ПФ 12.18	1	Q = 11,24 т
3	Зварювальний трансформатор	Linear 340	2	11,5 кВт
4	Площадка для зварки і монтажника		2	Q = 205 кг
5	Драбина	ЛА-7	2	l = 10 м, l = 5 м

4.8 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники наведені у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Техніко-економічні показники

№	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Тривалість робіт	Змін	20
2	Трудомісткість	Людино-змін	124
3	Виробіток монтажників	Тон/людино-змін	0,218
4	Затрати машино-змін кранів	Машино-змін	20
5	Виробіток кранів	Тон/машино-змін	1,35

4.9 Визначення обсягів будівельно-монтажних робіт

Проведемо розрахунок для проектування календарного графіку будівництва об'єкту у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Обсяги будівельно – монтажних робіт

№	Найменування роботи	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4
	Підготовчі роботи	Ч.зм./м.зм.	150/6,25
1	Планування площ механізованим способом	1000 м ²	2,45
2	Розробка ґрунту екскаватором	1000 м ³	3,7
3	Розробка ґрунту вручну	100 м ³	0,8
4	Улаштування бетон. підготовки	100 м ³	0,423
5	Влаштування збірних з/б фундаментів	шт.	57
6	Влаштування арматурного каркасу	м ³	58,32
7	Улаштування стрічкового фундаменту	100 м ³	1,06
8	Гідроізоляція бокова обмазувальна	100 м ²	4,802
9	Гідроізоляція обклеювальна	100 м ²	3,48
10	Засипка траншей з переміщенням ґрунту	1000 м ³	0,28
11	Ущільнення ґрунту	100 м ³	2,8
12	Ущільнення ґрунту щебенем	100 м ²	7,07
13	Улаштування бетон. підготовки	100 м ³	0,566
14	Улаштування бетонних покриттів	100 м ²	7,07
15	Монтаж збірних залізобетонних фундаментних балок	100 шт	0,37
17	Установка металевих колон до 3 т	100 шт	0,57
18	Установка плит перекриття до 5 т	100 шт	0,88
19	Монтаж ферм на висоті до 25 м	100 шт	0,18
20	Ґрунтування металевих поверхонь	100 м ²	2,913
21	Фарбування металевих поверхонь	100 м ²	2,913
22	Монтаж металевих в'язей	т	2,13
23	Монтаж покриття	100 м ²	18,6

Продовження таблиці 4.8

24	Монтаж прогонів	т	3,02
25	Монтаж стінових панелей площею до 25 м ²	100 шт	1,98
26	Установка віконних блоків	100 м ²	2,5
27	Установка дверних блоків	100 м ²	1,42
28	Улаштування стяжок	100 м ²	10,1
29	Улаштування підливки під обладнання	100 м ²	0,15
30	Армування підстиляючих шарів	т	0,01
31	Влаштування перегородок	100 м ²	5,39
32	Одношарова штукатурка	100 м ²	30,4
33	Монтаж стель	100 м ²	8,17
34	Пофарбування поверхонь	100 м ²	30,4
35	Улаштування покриттів плиток	100 м ²	9,19
36	Улаштування ламінату	100 м ²	0,86
37	Улаштування стін і днища	100 м ³	1,05
38	Установка підстиляючих шарів піщаних	м ³	64
39	Установка підстиляючих шарів бетонних	м ³	32
	Прокладання зовнішніх комунікацій	Чол.зм./маш.зм.	72,43/0,55
	Санітарно-технічні роботи	Чол.зм.	34,8
	Електромонтажні роботи	Чол.зм.	57,9
	Благоустрій	Чол.зм.	31,4

4.10 Визначення витрат праці на будівельно-монтажні роботи

Таблиця 4.9

Витрати праці на будівельно-монтажні роботи

№	Найменування процесів	Одиниця виміру	Об'єм роботи	Обґрунтування за КНУ НІБР	Трудозатрати		Бригада, чоловік	Змінність	Тривалість робіт,
					ч.зм.	м.зм.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Земляні роботи									
1	Планування площ механізованим способом	1000 м ²	1.72	1-145-2	0.36	0.22	1	1	1
2	Розробка ґрунту екскаватором	1000 м ³	2.05	1-12-14	5	10.89	1	1	11
3	Розробка ґрунту вручну	100 м ³	0.62	1-162-8	34.78	-	5	1	7
Зведення підземної частини									
4	Улаштування бетон. Підготовки під ф-ти	100 м ³	0.423	КНУ НІБР 36. 6 6-1-1	10.35	0.37	5	2	2
5	Влаштування збірних з/б фундаментів	100 шт.	0,57	КНУ НІБР 36. 7 7-1-6	158,7	43,97	5	2	2
6	Улаштування стрічкового фундаменту	100 м ³	1.06	КНУ НІБР 36. 6 6-1-22	69.17	3.58	5	2	14
7	Монтаж збірних залізобетонних фундаментних балок	100 шт	37	КНУ НІБР 36. 7 7-1-15					
Гідроізоляція									
8	Гідроізоляція бокова обмазувальна	100 м ²	4.802	КНУ НІБР 36. 8	20.11	1.59	5	2	4

				8-4-7					
9	Гідроізоляція обклеювальна	100 м ²	3.48	КНУ НІБР 36. 8 8-4-3	13.82	2.02	5	2	3
Зворотня засипка									
10	Засипка траншей з перміщ. ґрунту	1000 м ³	0.28	КНУ НІБР 36. 1 1-27-2	0.48	0.48	1	2	1
11	Ущільнення ґрунту	100 м ³	3	КНУ НІБР 36. 1 1-130-3	6.75	6.109	1	2	7
Улаштування бетонної основи під підлоги									
12	Ущільнення ґрунту щебенем	100 м ²	7.07	КНУ НІБР 36. 11 11-1-2	9.51	0.57	5	2	2
13	Улаштування бетон. підготовки	100 м ³	0.566	КНУ НІБР 36. 6 6-1-1	13.85	0.49	5	2	3
14	Улаштування бетонних покриттів	100 м ²	7.07	КНУ НІБР 36. 11 11-15-1	50.41	4.76	5	2	10
Зведення надземної частини									
15	Установка металевих колон вагою до 3 т	100 шт	0.57	КНУ НІБР 36. 7 7-5-4	6.17	0.79	6	2	1
16	Установка панелей перекриття до 5 т	100 шт	0.64	КНУ НІБР 36. 7 7-15-2	33.41	2.42	10	2	3

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Монтаж ферм на висоті до 25 м	100 шт	0.18	КНУ НІБР 36. 7 7-12- 18	45,68	6.95	8	2	4
18	Ґрунтування металевих поверхонь	100 м ²	2.913	КНУ НІБР 36. 13 13-16- 5	1.74	0.41	2	2	1
19	Фарбування металевих поверхонь	100 м ²	2.913	КНУ НІБР 36. 13 13-26- 5	1.32	0.24	2	2	1
20	Монтаж металевих в'язей	т	1.13	КНУ НІБР 36. 9 9-24-1	12.77	0.73	6	2	2
21	Монтаж покриття	100 м ²	18.6	КНУ НІБР 36. 9 9-42-1	117.9 2	7.86	10	2	12
22	Монтаж прогонів	т	3.02	КНУ НІБР 36. 9 9-25-1	8.52	0.72	10	2	1
23	Монтаж стінових панелей площею до 10 м ²	100 шт	1.98	КНУ НІБР 36. 7 7-16-1	202,05	30.15	8	2	15
Заповнення прорізів									
24	Установка віконних блоків	100 м ²	2.5	КНУ НІБР 36. 10 10-23- 3	111.0 9	3.48	7	2	16

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	Установка дверних блоків	100 м ²	1.42	КНУ НІБР 36. 10 10-26- 1	25.21	2.28	7	2	4
Підготовка під підлоги									
26	Улаштування стяжок	100 м ²	10.1	КНУ НІБР 36. 11 11-11- 1	71.02	5.92	10	2	7
27	Улаштування підливки під обладнання	100 м ²	0.15	КНУ НІБР 36. 6 6-9-1	1.14	0.06	2	2	1
28	Армування підстиляючих шарів	т	0.4	КНУ НІБР 36. 6 6-11- 10	0.84	0.25	2	2	1
29	Улаштування гідроізоляції	100 м ²	9.23	КНУ НІБР 36. 11 11-4-1	75.84	12.6 6	10	2	8
Улаштування перегородок									
30	Влаштування перегородок	100 м ²	5,39	КНУ НІБР 36. 8 8-7-5	128,81	2,84	10	2	13
Штукатурні роботи									
31	Одношарова штукатурка	100 м ²	30.4	КНУ НІБР 36. 15 15-60-1	354.8 8	25.69	10	2	35

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Опоряджувальні роботи									
32	Монтаж стель	100 м ²	8.17	КНУ НІБР 36.9 9-38-1	408.5	18.3	10	2	41
33	Пофарбування поверхонь	100 м ²	30.4	КНУ НІБР 36.8 15-151-1	35.72	6.54	5	2	7
Улаштування підлог									
34	Улаштування покриттів плиток	100 м ²	9.19	КНУ НІБР 36.11 11-27-1	131.7 7	10.98	10	2	13
35	Улаштування ламінату	100 м ²	0.86	КНУ НІБР 36.11 11-35-2	8.11	0.41	10	2	1
Улаштування ванни басейну									
36	Улаштування стін і днища	100 м ³	1.05	КНУ НІБР 36.6 6-1-22	68.51	3.39	6	2	11
37	Установка підстиляючих шарів піщаних	м ³	64	КНУ НІБР 36. 11 11-2-1	37.76	5.52	6	2	6
38	Установка підстиляючих шарів бетонних	м ³	32	КНУ НІБР 36. 11 11-2-9	23.12	2.6	6	2	4

Прийнята технологія монтажу металевих ферм покриття забезпечує виконання робіт у нормативні строки із застосуванням сучасних монтажних механізмів та засобів малої механізації.

Використання баштового крана КБМ-401П забезпечує можливість монтажу всіх конструкцій у межах зони його обслуговування без зміни основних технологічних рішень.

Запропонована послідовність виконання робіт забезпечує безпечне встановлення конструкцій, необхідну точність монтажу та дотримання вимог щодо просторової стійкості каркаса будівлі на всіх етапах виконання робіт. Застосовані організаційно-технологічні рішення дозволяють забезпечити нормативну якість монтажних робіт та ефективно використання трудових і машинних ресурсів.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО -ЕКОНОМІЧНИЙ

5.1 Визначення кошторисної вартості будівництва

Кошторисна документація на будівництво спортивного комплексу з басейном у місті Полтава розроблена відповідно до вимог Настанови з визначення вартості будівництва, затвердженої наказом Міністерства розвитку громад та територій України №281 від 01.11.2021.

Визначення вартості будівництва виконано за укрупненими показниками вартості будівництва громадських будівель із використанням техніко-економічних показників об'єкта. Такий метод дозволяє визначити орієнтовну вартість будівництва на стадії проектування без розроблення повного ресурсного кошторису.

Вихідними даними для складання кошторисної документації є архітектурно-планувальні та конструктивні рішення проекту, генеральний план ділянки, обсяги будівельно-монтажних робіт та основні техніко-економічні показники об'єкта.

Вихідними даними для складання кошторисної документації є архітектурно-планувальні та конструктивні рішення проекту, генеральний план ділянки, обсяги будівельно-монтажних робіт та основні техніко-економічні показники об'єкта.

Основні техніко-економічні показники об'єкта:

- площа земельної ділянки – 7350 м²;
- площа забудови – 2450 м²;
- загальна площа будівлі – 3276 м²;
- будівельний об'єм – 20200 м³;
- поверховість – 2 поверхи.

5.2 Локальні кошториси

Форма № 1

Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-01
на загальнобудівельні роботи зі зведення спортивного комплексу з басейном у м. Полтава
(найменування робіт та витрат, найменування будинку, будівлі, споруди)

об'єм будинку, куб.м	20200	Кошторисна вартість	26247	тис.грн.
Площа забудови об'єкта, кв.м	2450	Кошторисна трудомісткість	127	тис.люд.год
Загальна площа об'єкта, кв.м	3276	Кошторисна заробітна плата	9727	тис.грн.
Площа фасаду, кв.м	2412	Середній розряд робіт	4,5	розряд
Загальна площа приміщень, кв.м	2252			

Складений в поточних цінах станом на "13" червня 2022 р.

№ ч.ч.	Об'єкт зняття (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 заробітної плати	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	всього заробітної плати	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини на одиницю	всього	
											6
Підземна частина											
1	УПБ 1-1	Земляні роботи	100 кв.м площі забудови	24,5	47752 4775	42977 14326	1169924	116988	1052937 350987	67 189	1648 4618
2	УПБ 2-1	Влаштування фундаментів	100 кв.м площі забудови	24,5	119362 9947	17904 5968	2924369	243702	438648 146216	140 79	3432 1924
Надземна частина											
3	УПБ 3-5	Влаштування каркасу будівлі (капстни, колонни, діафрагми, сходи)	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	145580 48527	14558 4853	4769201	1589745	476920 158984	683 64	22391 2092
4	УПБ 4-2	Влаштування перекриття	100м2 загальної площі перекриття	32,76	53403 4450	8010 2670	1749482	145782	262408 87469	63 35	2053 1151
5	УПБ 5.1-4	Зовнішні стіни і оздоблення фасаду	100м2 загальної площі фасаду	24,12	43571 7262	8714 2905	1050933	175159	210182 70069	102 38	2467 922
6	УПБ 6-1	Заповнення віконних прорізів	100м2 загальної площі фасаду	24,12	88184 12248	4409 2450	2126998	295422	108345 59094	173 32	4161 778
7	УПБ 7-2	Влаштування перегородок	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	16524 8262	826 275	541326	270663	27060 9009	116 4	3812 119
8	УПБ 8-2	Влаштування покрівлі	100м2 площі останнього поверху	24,5	120520 50217	6026 2009	2952740	1230317	147637 49221	707 26	17328 648
9	УПБ 9-3	Оздоблювальні роботи (за типом оздоблення)	100м2 загальної площі приміщень	32,76	134016 89344	20102 6701	4390364	2926909	658542 219525	1258 88	41224 2888
Разом прями витрати , грн.							21675337	6994686	3380677 1150573		98517 15139
в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.							11299874				
всього заробітна плата							8145259				
Загальновиборничі витрати разом, грн.					Коеф.		4571419				
у тому числі:											
трудомісткість в загальновиборничих витратах, люд-год					0,12		13639				
заробітна плата в загальновиборничих витратах, грн.					115,95		1581407				
відрахування на соціальні заходи					0,22		2139867				
решта статей у загальновиборничих витратах					7,48		850146				
Всього кошторисна вартість робіт, грн.							26246756				
кошторисна трудомісткість, люд-год							127295				
кошторисна заробітна плата, грн.							9726666				

Рисунок 5.1 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-01

До складу кошторисної документації входять локальні кошториси на загально будівельні роботи, внутрішні санітарно-технічні роботи, електромонтажні роботи, монтаж устаткування, пусконаладжувальні роботи, об'єктний кошторис та зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва.

Локальні кошториси є первинними кошторисними документами, які визначають вартість окремих видів будівельно-монтажних робіт та складаються на підставі укрупнених показників вартості.

Локальний кошторис №02-01-01 визначає вартість загальнобудівельних робіт. До його складу входять земляні роботи, улаштування фундаментів, монтаж каркаса будівлі, улаштування перекриттів, зовнішніх стін, покрівлі, перегорожок, заповнення прорізів та внутрішнє оздоблення приміщень.

Загальна кошторисна вартість загальнобудівельних робіт становить 26247 тис. грн. Кошторисна трудомісткість робіт складає 127 тис. люд.-год, а кошторисна заробітна плата – 9727 тис. грн.

Локальний кошторис №02-01-02 включає внутрішні санітарно-технічні роботи. До складу робіт входить монтаж систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, водопостачання та каналізації.

Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава (найменування об'єкта будівництва)												Форма № 1
Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-02												
на внутрішні санітарно-технічні роботи зі зведення спортивного комплексу з басейном у м. Полтава												
(найменування робіт та об'єкта будівництва)												
								1597	тис.грн.			
								5	тис. люд.год			
								411	тис.грн.			
								4,4	розряд			
Складений в поточних цінах станом на "13" червня 2022 р.												
№ ч.ч.	Об'єкт вання (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників,		
					всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	УПС 1-2	Влаштування внутрішніх мереж опалення	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	21091 5273	1055 352	690941	172743	34562 11532	74 5	2433 152	
2	УПС 2-3	Влаштування внутрішніх мереж вентиляції і кондиціонування	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	8648 1441	432 144	283308	47207	14152 4717	20 2	665 62	
3	УПС 3-3	Влаштування внутрішніх мереж холодного і гарячого	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	7914 1979	396 132	259263	64832	12973 4324	28 2	913 57	
4	УПС 4-3	Влаштування внутрішніх мереж каналізації	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	5213 1303	261 87	170778	42686	8550 2850	18 1	601 38	
5	УПС 5-3	Влаштування внутрішніх мереж газопостачання	100м2 загальної площі об'єкта	0	0 0	0 0	0	0	0 0	0 0	0 0	
Разом прями витрати , грн.							1404290	327469	70237 23423		4612 308	
в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.							1006584					
всього заробітна плата							350892					
Загальновиробничі витрати разом, грн.							193088					
у тому числі:												
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд-год							577					
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							59905					
відрахування на соціальні заходи							90375					
решта статей у загальновиробничих витратах							42808					
Всього кошторисна вартість робіт, грн.							1597379					
кошторисна трудомісткість, люд-год							5437					
кошторисна заробітна плата, грн.							410798					

Рисунок 5.2 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-02

Кошторисна вартість санітарно-технічних робіт становить 1597 тис. грн, кошторисна трудомісткість – 5 тис. люд.-год, кошторисна заробітна плата – 411 тис. грн.

Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава
(найменування об'єкта будівництва)

Форма № 1

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-03
на внутрішні електромонтажні роботи зі зведення спортивного комплексу з басейном у м. Полтава**
(найменування робіт та об'єкта будівництва)

Кошторисна вартість	2390	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	14	тис.люд.год
Кошторисна заробітна плата	1054	тис.грн.
Середній розряд робіт	5,5	розряд

Складений в поточних цінах станом на "13" червня 2022 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
1	УПЕ 1-3	Прокладання внутрішніх мереж електропостачання і електроосвітлення	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	31090	1554	1018508	534709	50909	221	7226
2	УПЕ 2-4	Встановлення електросвітловальних приладів та електрофурнітури	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	16322	1088	367764	39836	35643	14	457
3	УПЕ 3-3	Прокладання слабострумних мереж (зв'язок, телемережі)	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	11226	225	157412	82653	7371	16	538
4	УПЕ 4-3	Прокладання мереж пожежної сигналізації і відеоспостереження	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	1216	97	381720	200426	3178	1	41
		Разом прями витрати , грн.					1925403	857624	85242		11590
		в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.					982538				
		всього заробітна плата					915314				
		Загальновиробничі витрати разом, грн.		Коєф.			464985				
		у тому числі:									
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд-год		0,097			1196				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.		115,95			138668				
		відрахування на соціальні заходи , грн.		0,22			231876				
		решта статей у загальновиробничих витратах, грн.		7,66			94441				
		Всього кошторисна вартість робіт, грн.					2390388				
		кошторисна трудомісткість, люд-год					13525				
		кошторисна заробітна плата, грн.					1053982				

Рисунок 5.3 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-03

Локальний кошторис №02-01-03 визначає вартість внутрішніх електромонтажних робіт. До нього входять роботи з прокладання внутрішніх мереж електропостачання та електроосвітлення, встановлення електротехнічного обладнання, слабкострумних мереж, мереж пожежної сигналізації та відеоспостереження.

Кошторисна вартість електромонтажних робіт становить 2390 тис. грн, кошторисна трудомісткість – 14 тис. люд.-год, кошторисна заробітна плата – 1054 тис. грн.

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-04
на монтаж устаткування зі зведення спортивного комплексу з басейном у м. Полтава
 (найменування робіт та об'єкта будівництва)

Кошторисна вартість	238	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	2	тис.люд.год
Кошторисна заробітна плата	143	тис.грн.
Середній розряд робіт	4,5	розряд

Складений в поточних цінах станом на "13" червня 2022 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	УПМП 1-4	Монтаж технологічного устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	32,76	5487 2774	2195 1097	179754	90876	71908 35938	39 14	1262 467
2	УПМП 2-4	Монтаж виробничого устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	0	0 0	0 0	0	0	0 0	0 0	0 0
		<i>Разом прями витрати, грн.</i>					179754	90876	71908 35938		1262 467
		в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.					16970				
		всього заробітна плата					126814				
		<i>Загальноновиробничі витрати, разом, грн.</i>		Коеф.			57991				
		у тому числі:									
		трудомісткість в загальноновиробничих витратах, люд-год		0,079			137				
		заробітна плата в загальноновиробничих витратах, грн.		115,95			15837				
		відрахування на соціальні заходи		0,22			31383				
		решта статей у загальноновиробничих витратах, грн.		6,23			10771				
		Всього кошторисна вартість робіт, грн.					237745				
		Кошторисна трудомісткість, люд-год					1865				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					142651				

Рисунок 5.4 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-04

Локальний кошторис №02-01-04 визначає витрати на монтаж технологічного устаткування спортивного комплексу.

Кошторисна вартість монтажних робіт становить 238 тис. грн. Трудомісткість робіт дорівнює 2 тис. люд.-год, а кошторисна заробітна плата становить 143 тис. грн.

Локальний кошторис №02-01-05 включає пусконаладжувальні роботи інженерних систем будівлі.

Кошторисна вартість пусконаладжувальних робіт складає 370 тис. грн. Кошторисна трудомісткість становить 3,5 тис. люд.-год, а кошторисна заробітна плата – 286 тис. грн.

Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на пусконалагоджувальні роботи № 02-01-05
з будівництва спортивного комплексу з басейном у м. Полтава
(найменування об'єкта будівництва)

Кошторисна вартість, тис.грн. 370
Кошторисна трудомісткість вартість, тис.люд.год. 3,5
Кошторисна заробітна плата, тис.грн. 286

Складений в поточних цінах станом на "13" червня 2022 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норм)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн	Витрати труда пусконалагоджувального персоналу, люд.год.	
							на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	УПМП 3-2	Пусконалагоджувальні роботи	100 м2 загальної площі об'єкта	32,76	7722	252973	99	3243
<i>Разом прями витрат и в тому числі</i>						252973		
<i>Заробітна плата</i>						252973		
<i>Загальновиробничі витрат и, разом, грн.</i>				<i>Коеф.</i>		117428		
<i>у тому числі:</i>								
Трудомісткість у загальновиробничих витратах				0,087		282		
Заробітна плата у загальновиробничих витратах				115,95		32717		
Відрахування на соціальні заходи				0,22		62852		
Решта статей у загальновиробничих витратах				6,74		21859		
Всього по кошторису						370400		
Кошторисна трудомісткість						3525		
Кошторисна заробітна плата						285689		

Рисунок 5.5 – Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-05

5.3 Об'єктний кошторис

Об'єктний кошторис складається на основі локальних кошторисів і визначає загальну вартість будівництва основного об'єкта.

До складу об'єктного кошторису включені витрати на загальнобудівельні, санітарно-технічні, електромонтажні роботи, монтаж устаткування, пусконалагоджувальні роботи, а також витрати на придбання меблів та інвентарю.

Згідно з об'єктним кошторисом кошторисна вартість спортивного комплексу з басейном становить 31889 тис. грн.

Загальна кошторисна трудомісткість будівництва складає 152 тис. люд.-год, а кошторисна заробітна плата – 11620 тис. грн.

Показник вартості 1 м² загальної площі будівлі становить 9734 грн/м².

Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава
(найменування об'єкта будівництва)

Об'єктний кошторис № 02-01
з будівництва спортивного комплексу з басейном у м. Полтава

Кошторисна вартість	31889	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	152	тис.л-год
Кошторисна заробітна плата	11620	тис.грн.
Загальний будівельний обсяг	20200	куб.м
Вимірник одиничної вартості	1579	грн/куб.м
Загальна площа об'єкта	3276	кв.м
Вартість 1 кв.м загальної площі об'єкта	9734	грн /кв.м

Складений у поточних цінах станом на "13" червня 2022 р.

№ ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудо-місткість, тис.люд-год	Кошторисна заробітна плата тис.грн.	Вартість 1 кв.м загальної площі об'єкта
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	Всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1-1	Загальнобудівельні роботи	26247		26247	127	9727	8012
2	2-1-2	Внутрішні санітарно-технічні роботи	1597		1597	5	411	488
3	2-1-3	Внутрішні електромонтажні роботи	2390		2390	14	1054	730
4	2-1-4	Монтаж устаткування	238		238	2	143	73
5	2-1-5	Пусконаладжувальні роботи	370		370	4	286	113
6	2-1-6	Придбання устаткування, меблів та інвентарю		1047	1047			320
		Всього по кошторису	30843	1047	31889	152	11620	9734

Рисунок 5.6 – Об'єктний кошторис на будівельні роботи № 02-01-05

5.4 Зведений кошторисний розрахунок

Зведений кошторисний розрахунок є основним документом, який визначає повну вартість реалізації інвестиційного проєкту.

На відміну від об'єктного кошторису, зведений кошторисний розрахунок додатково враховує витрати на підготовку території будівництва, зовнішні інженерні мережі, благоустрій території, тимчасові будівлі та споруди, утримання служби замовника, проєктно-вишукувальні роботи, експертизу проєкту, авторський нагляд та інші супутні витрати.

Зведений кошторисний розрахунок є основним документом, який визначає повну вартість реалізації інвестиційного проєкту.

На відміну від об'єктного кошторису, зведений кошторисний розрахунок додатково враховує витрати на підготовку території будівництва, зовнішні інженерні мережі, благоустрій території, тимчасові будівлі та споруди, утримання служби замовника, проєктно-вишукувальні роботи, експертизу проєкту, авторський нагляд та інші супутні витрати.

До будівництва спортивного комплексу з басейном у м. Полтава

РОЗРАХУНКИ до глав 1, 3, 4, 5, 6, 7 ЗВЕДЕНОГО КОШТОРИСНОГО РОЗРАХУНКУ

Площа забудови об'єкта, кв.м	2450
Загальна площа об'єкта, кв.м	3276
Загальний обсяг об'єкта, куб.м	20200
Площа ділянки (території) об'єкта, кв.м	7350
Периметр ділянки (території) об'єкта, м.п.	340

Складений у поточних цінах станом на "13" червня 2022 р.

	Найменування глав, об'єктів, робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість, обсяг робіт	Вартість одиниці, тис.грн.	Загальна вартість, тис.грн.
Глава 1. Підготовка території будівництва		100 м2 ділянки			
1.1.	Відведення земельної ділянки, виготовлення землепорядної докум.	- " -	73,5	20,81	1529,535
1.2.	Створення геодезичної мережі для будівництва	- " -	73,5	0,41	30,135
1.3.	Освоєння і інженерна підготовка території будівництва	- " -	73,5	10,91	801,885
	Разом				2361,555
Глава 3. Об'єкти підсобного і обслуговувального призначення		100м2 загальної площі об'єкта			
3.1.	Адміністративно-побутові приміщення	- " -	32,76	4,970	162,817
3.2.	Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естакади, лабораторії)	- " -	32,76	0,000	0,000
3.3.	Господарські будівлі і приміщення (охорона, прохідна, сміттєзбиральник, тощо)	- " -	32,76	1,010	33,088
	Разом				195,905
Глава 4. Об'єкти енергетичного господарства					
4.1.	Трансформаторна підстанція	об'єкт	1	1399,630	1399,630
4.2.	Лінії електропостачання	км	0,5	771,18	385,590
	Разом				1785,220
Глава 5. Об'єкти транспортного господарства і зв'язку					
5.1.	Автомобільні під'їзні та внутрішні шляхи	об'єкт	1	525,41	525,410
5.2.	Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	об'єкт	0	362,750	0,000
5.3.	Паркінги, автостоянки	об'єкт	1	755,06	755,060
5.4.	Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	об'єкт	1	427,26	427,260
	Разом				1707,730
Глава 6. Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації, теплопостачання та газопостачання					
6.1.	Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	км	0,8	189,69	151,752
6.2.	Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	км	0,8	313,08	250,464
6.3.	Зовнішні мережі теплопостачання, бойлерні, котельні	км	0,8	516,11	412,888
6.4.	Зовнішні мережі газопостачання	км	0	0,00	0,000
	Разом				815,104
Глава 7. Благоустрій та озеленення території					
7.1.	Огорожа території	100 м.п. периметру	3,4	0,00	0,000
7.2.	Озеленення та малі архітектурні форми	100 м2 ділянки	73,5	10,80	793,800
7.3.	Зовнішнє освітлення	100 м2 ділянки	73,5	3,42	251,370
7.4.	Пішохідні доріжки, тротуари	об'єкт	1	418,23	418,230
7.5.	Спортивні та ігрові майданчики	об'єкт	0	117,860	0,000
	Разом				1463,400

Рисунок 5.7 – Розрахунки до зведеного кошторисного розрахунку

До глав 1–12 зведеного кошторисного розрахунку включені:

- підготовка території будівництва;
- об'єкти основного призначення;
- об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення;
- об'єкти енергетичного господарства;
- об'єкти транспортного господарства;
- зовнішні інженерні мережі;
- благоустрій та озеленення території;
- тимчасові будівлі та споруди;
- інші роботи та витрати;
- утримання служби замовника;
- підготовка експлуатаційних кадрів;
- проєктно-вишукувальні роботи та авторський нагляд.

Зведений кошторисний розрахунок в сумі**63223** тис.грн.

У тому числі зворотних сум

51 тис.грн.

Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва**Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава***(найменування об'єкта а будівництва ва)*

Складений у поточних цінах станом на " 13" червня 2022 р.

№ ч.ч.	Номери кошторисів	Найменування глав, будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
	КНУ п.3.32	Глава 1				
		<i>Підготовка території будівництва</i>				
		Відведення земельної ділянки	0	0	1530	1530
		Розбивка осей, перенесення в натуру			30	30
		Інженерна підготовка території	802	0	0	802
		<i>Разом по главі 1</i>	802	0	1560	2362
		Глава 2				
	КНУ п.3.33	<i>Об'єкт и основного призначення</i>				
	№ 02-01	Спортивний комплекс з басейном у м. Полтава	30843	1047		31889
		<i>Разом по главі 2</i>	30843	1047	0	31889
	КНУ п.3.34	Глава 3				
		<i>Об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення</i>				
		Адміністративно-побутові приміщення	105,8	57,0		162,8
		Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естаки)	0,0	0,0		0,0
		Господарські будівлі і приміщення (охорона, прохідна, сміттєзбиральні)	21,5	11,6		33,1
		<i>Разом по главі 3</i>	127,3	68,6		195,9
	КНУ п.3.35	Глава 4				
		<i>Об'єкти енергетичного господарства</i>				
		Трансформаторна підстанція	560	840		1400
		Лінії електропостачання	154	231		386
		<i>Разом по главі 4</i>	892,6	892,6		1785
	КНУ п.3.35	Глава 5				
		<i>Об'єкти транспортного господарства і зв'язку</i>				
		Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	376,0	51,3		427
		Автомобільні під'їзди та внутрішні шляхи	462,4	63,0		525
		Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	0,0	0,0		0
		Паркінги, автостоянки	664,5	90,6		755
		<i>Разом по главі 5</i>	1502,8	204,9		1708
	КНУ п.3.35	Глава 6				
		<i>Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації, теплостачання та газопостачання</i>				
		Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	83,5	68,3		151,75
		Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	137,8	112,7		250,46
		Зовнішні мережі теплопостачання, бойлерні, котельні	227,1	185,8		412,9
		Зовнішні мережі газопостачання	0,0	0,0		0,0
		<i>Разом по главі 6</i>	448,3	366,8		815,10
	КНУ п.3.35	Глава 7				
		<i>Благоустрій і озеленення території</i>				
		Огорожа території	0,0			0,0
		Озеленення та малі архітектурні форми	793,8			793,8
		Зовнішнє освітлення	251,4			251,4
		Пішохідні доріжки, тротуари	418,2			418,2
		Спортивні та ігрові майданчики	0,0			0,0
		<i>Разом по главі 7</i>	1463,4			1463
		<i>Разом по главах 1-7</i>	36079,0	2579,6	1559,7	40218

КНУ п.3.36	Глава 8				
	<i>Тимчасові будівлі і споруди</i>				
	Зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення	343			343
	<i>Разом по главі 8</i>	343			343
	<i>Разом по главах 1-8</i>	36421,8	2580	1560	40561
КНУ п.3.37	Глава 9				
	<i>Кошти на інші роботи та витрати</i>				
	Зимове подорожчання	182,1			182
	Інші витрати			50	50
	<i>Разом по главі 9</i>	182		50	232
	<i>Разом по главах 1-9</i>	36603,9	2580	1610	40793
КНУ п.3.38	Глава 10				
	<i>Утримання служби замовника</i>				
	Утримання служби замовника (включаючи технічний нагляд)			1020	1020
	Витрати замовника з проведення тендерів			82	82
	Формування страхового фонду документації			24	24
	<i>Разом по главі 10</i>			1126	1126
КНУ п.3.38	Глава 11				
	<i>Підготовка експлуатаційних кадрів</i>			0	0
	<i>Разом по главі 11</i>			0	0
КНУ п.3.38	Глава 12				
	<i>Проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд</i>				
	Вартість проектно-вишукувальних робіт			1224	1224
	Вартість експертизи проектної документації			19	19
	Кошти на здійснення авторського нагляду			41	41
	<i>Разом по главі 12</i>			1243	1243
	Разом по главах 1-12	36604	2580	3978	43162
КНУ п.4.38, дод.25	Кошторисний прибуток	2448			2448
КНУ п.4.39, дод.27	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій			1295	1295
КНУ п.4.40, дод.28	Кошти на покриття ризику всіх учасників будівництва	915	64	99	1079
КНУ п.4.41-4.43	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	4392	310		4702
	РАЗОМ	44359	2954	5373	52686
	Податок на додану вартість			10537	10537
	Всього по зведеному кошторисному розрахунку	44359	2954	15910	63223
КНУ п.3.39	Зворотні суми				51

Рисунок 5.8 – Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва

Після врахування кошторисного прибутку, адміністративних витрат, коштів на покриття ризиків, інфляційних процесів та податку на додану вартість загальна кошторисна вартість будівництва становить 63223 тис. грн.

У структурі вартості будівництва:

- будівельні роботи – 44359 тис. грн;
- устаткування, меблі та інвентар – 2954 тис. грн;
- інші витрати – 15910 тис. грн.

5.5 Аналіз техніко-економічних показників

Аналіз структури кошторисної вартості показує, що найбільшу частку витрат складають загальнобудівельні роботи, вартість яких становить понад 26 млн грн. Це обумовлено значними обсягами робіт з улаштування фундаментів, монтажу каркаса, перекриттів, покриття та оздоблення будівлі.

Істотну частку витрат формують також роботи з благоустрою території, будівництва зовнішніх інженерних мереж, об'єктів енергетичного господарства, а також витрати на проектування, експертизу та організацію будівництва.

Загальна кошторисна вартість будівництва спортивного комплексу з басейном становить 63,223 млн грн.

Вартість 1 м² загальної площі будівлі дорівнює 9734 грн/м², що відповідає прийнятим архітектурно-планувальним та конструктивним рішенням об'єкта.

Отримані результати підтверджують економічну доцільність прийнятих проектних рішень і можуть бути використані для попереднього визначення інвестиційної привабливості проєкту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра виконано комплексне проєктування двоповерхової громадської будівлі спортивного комплексу з басейном у місті Полтава. На основі проведених архітектурно-планувальних, конструктивних, технологічних та економічних розрахунків сформовано обґрунтовані технічні рішення, які відповідають вимогам чинних нормативних документів та забезпечать надійну експлуатацію об'єкта.

У роботі, з урахуванням кліматичних умов, розроблено архітектурно-будівельну концепцію будівлі, яка поділена на три конструктивно-функціональні блоки.

Запроєктовано огороджувальні конструкції із сендвіч-панелей товщиною 200 міліметрів із мінераловатним утеплювачем, що за результатами теплотехнічного розрахунку забезпечує фактичний опір теплопередачі вище мінімально допустимого значення. Для зали басейну розроблено переливну схему циркуляції води та підібрано п'ять швидкісних теплообмінних блоків, які автоматично підтримують температуру у діапазоні від 25 до 30 градусів Цельсія.

У роботі проведено оцінку інженерно-геологічних умов будівельного майданчика та запроєктовано збірні залізобетонні стовпчасті фундаменти стаканного типу під каркасні колони, з урахуванням нормативної глибини промерзання ґрунту та залягання ґрунтових вод. На основі розрахункових навантажень уточнено розміри підколонника та підібрано фундаментні стакани, що гарантує несучу здатність основи та мінімізує нерівномірні осідання споруди.

У організаційно технологічному розділі:

- розроблено організаційно-технологічні рішення на виконання будівельно-монтажних робіт;
- складено технологічну карту на монтаж металевих ферм покриття;
- обґрунтовано вибір монтажного крана за необхідними параметрами вантажопідйомності, вильоту стріли та висоти підйому гака;
- визначено загальні трудовитрати та обсяги будівельно-монтажних робіт;

- сформовано відомості машин і механізмів;
- передбачено заходи з контролю якості робіт та охорони праці під час будівництва.

На підставі локальних та об'єктного кошторисів визначено повну кошторисну вартість будівництва спортивного комплексу в зведеному кошторисному розрахунку. Проведений аналіз техніко-економічних показників підтверджує високу економічну ефективність, раціональність використання ресурсів та доцільність практичної реалізації проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 60 с.
2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 46 с.
3. ДБН В.2.2-13-2018. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. Київ : Мінрегіон України, 2018. 112 с.
4. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 58 с.
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та ~~те~~ енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021. 48 с.
6. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Правила проектування. Київ : Мінрегіон України, 2014. 95 с.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 128 с.
8. ДСТУ Б В.2.1-2-2012. Основи та фундаменти будівель і споруд. Ґрунти. Класифікація. Київ : Мінрегіон України, 2012. 46 с.
9. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи (Збірник 1). Київ : Мінрегіон України, 2012. 180 с.
10. Розрахунок та конструювання сталевих кроквяних ферм покриття виконаних з парних кутиків : метод. вказівки / уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко. Київ : СНУ ім. В. Даля, 2024. 52 с. URL: snu.edu.ua.
11. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельна механіка». Частина 2 (для студентів спеціальності 192) / уклад. кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування. Київ : СНУ ім. В. Даля, 2023. 88 с.
12. Основи автоматизації розрахунку будівельних конструкцій спільно з ґрунтовим масивом : навч.-метод. посібник / уклад. кафедри будівництва,

урбаністики та просторового планування. Київ : СНУ ім. В. Даля, 2023.
64 с.

ДОДАТОК А

У цьому додатку наведено матеріали розрахунків альтернативних варіантів тримальних конструкцій покриття залу басейну, що складають спеціальну частину кваліфікаційної роботи. Метою є обґрунтування раціональності вибору геометричної схеми ферми прольотом 24 м.

Основна геометрична схема ферми.

Геометрична схема основної ферми:

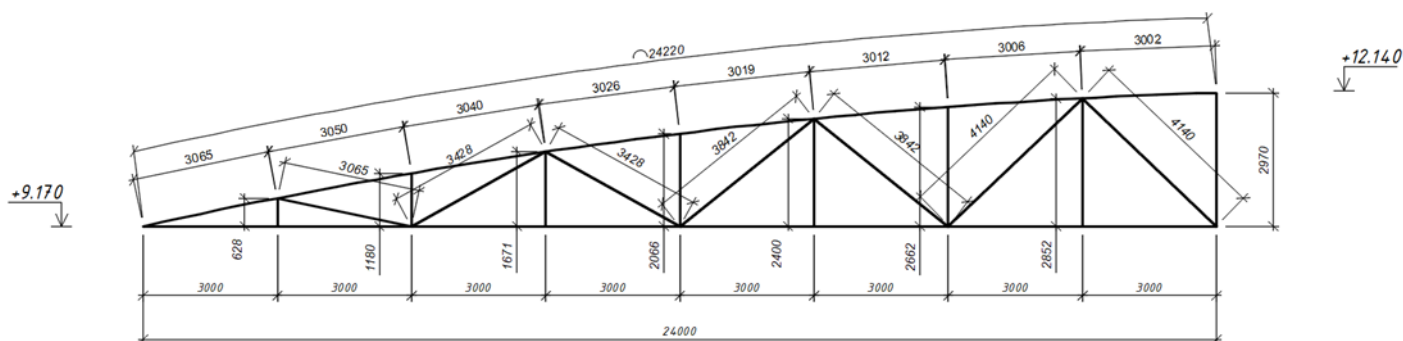


Рисунок 6.1 - Геометрична схема основної ферми

Розрахункова схема основної ферми навантаження (приведені в кН):

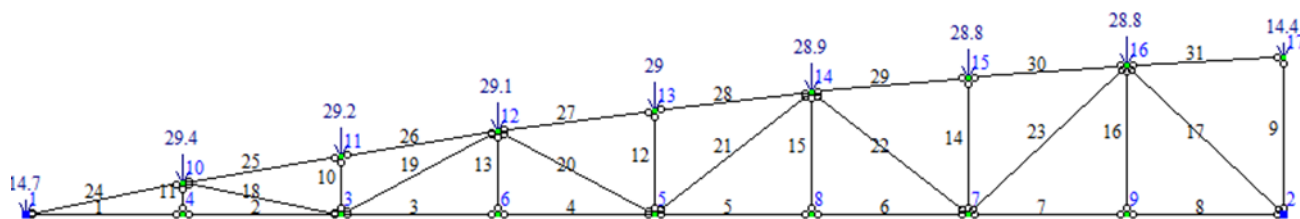


Рисунок 6.2 - Розрахункова схема основної ферми навантаження (приведені в кН)

Мозаїка зусиль в стержнях основної ферми

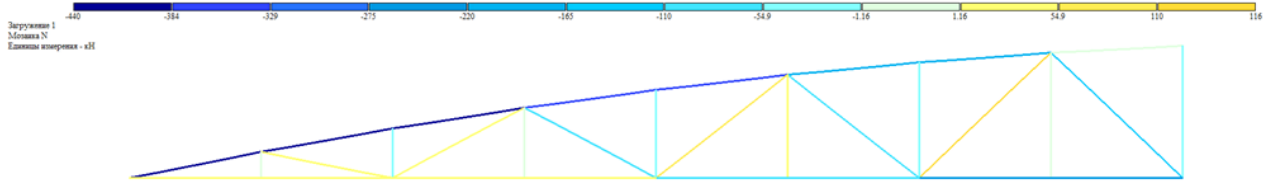


Рисунок 6.3 - Мозаїка зусиль в стержнях основної ферми

Мозаїка переміщень в стержнях основної ферми

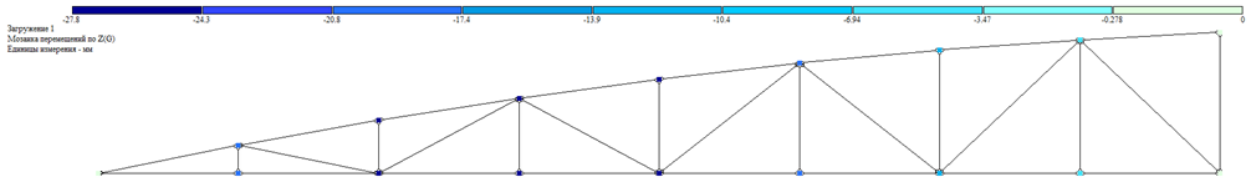


Рисунок 6.4 - Мозаїка переміщень в стержнях основної ферми

Деформована схема основної ферми:

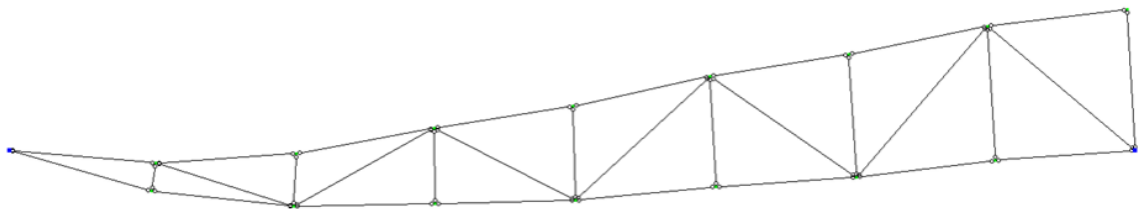


Рисунок 6.5 - Деформована схема основної ферми:

Розрахункові навантаження у вузлах:

- $P_1 = g \Sigma_m \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,065 \cdot 0,5 = 14,684 \text{ кН};$
- $P_{10} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,065 + 3,050) / 2 = 29,397 \text{ кН};$
- $P_{11} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,050 + 3,040) / 2 = 29,177 \text{ кН};$
- $P_{12} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,040 + 3,026) / 2 = 29,062 \text{ кН};$
- $P_{13} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,026 + 3,019) / 2 = 28,962 \text{ кН};$
- $P_{14} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,019 + 3,012) / 2 = 28,894 \text{ кН};$
- $P_{15} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,012 + 3,006) / 2 = 28,832 \text{ кН};$

$$- P_{16} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,006 + 3,002) / 2 = 28,784 \text{ кН};$$

$$- P_{17} = g \Sigma_m \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,002 \cdot 0,5 = 14,383 \text{ кН};$$

Для порівняння розглянуто два варіанти альтернативних геометричних схем ферм при однакових загальних параметрах довжини та висоти. Статичний розрахунок та аналіз деформацій виконано в програмному комплексі «ЛІРА-САПР»

Мозаїка переміщень в стержнях першого варіанту ферм

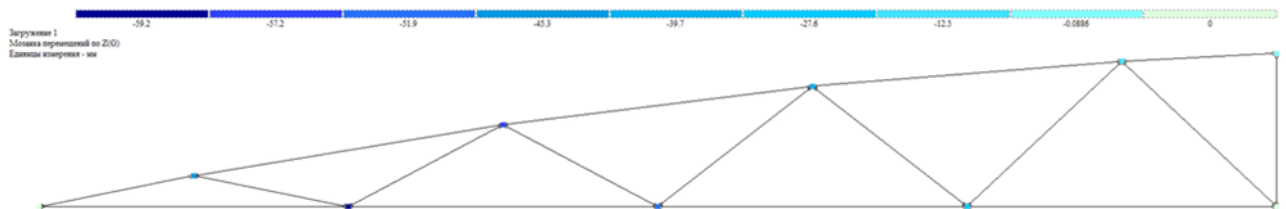


Рисунок 6.6 - Мозаїка переміщень в стержнях першого варіанту ферм

Деформована схема першого варіанту ферми:

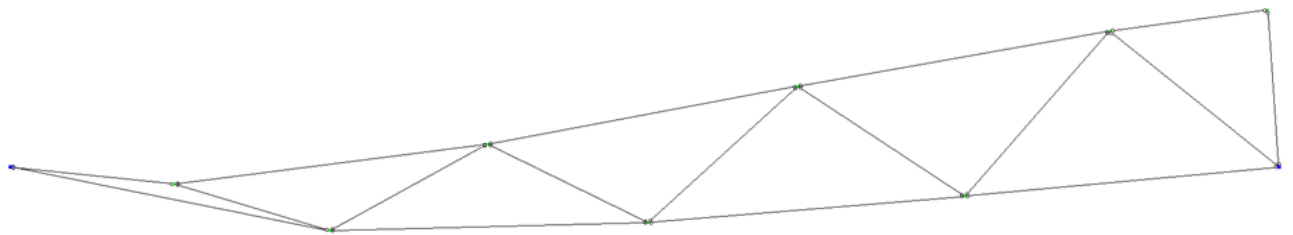


Рисунок 6.7 - Деформована схема першого варіанту ферми

Варіант геометричної схеми ферми №2:

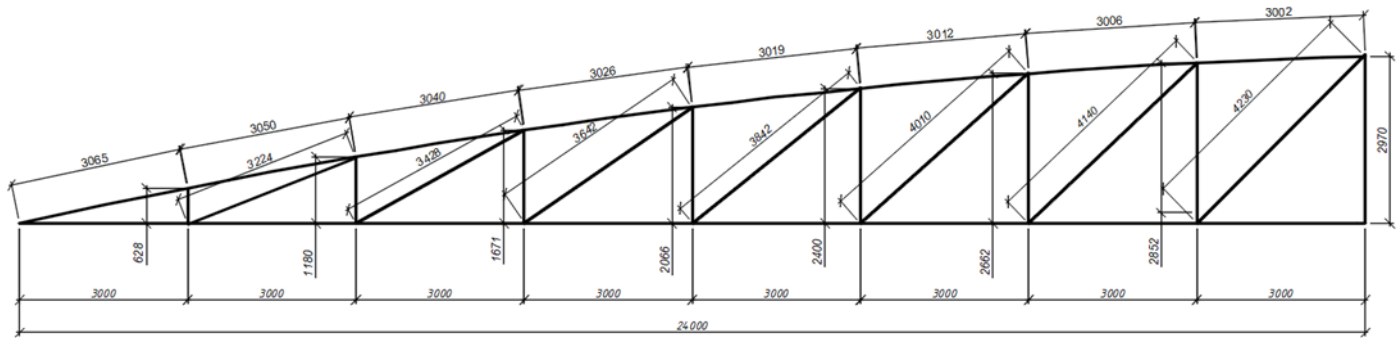


Рисунок 6.8 - Варіант геометричної схеми ферми №2

Розрахункова схема другого варіанту ферми (навантаження в кН):

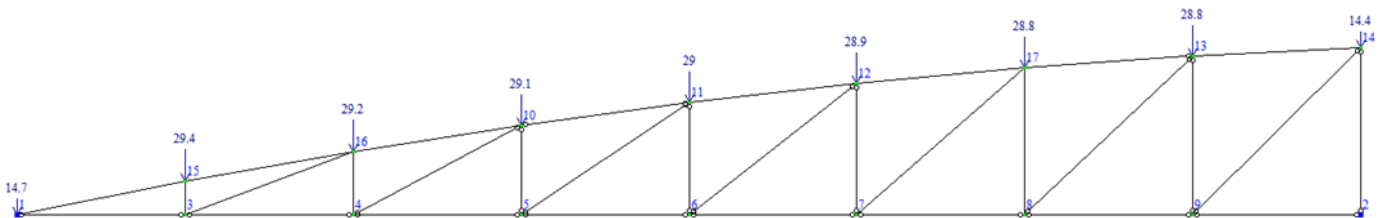


Рисунок 6.9 - Розрахункова схема другого варіанту ферми (навантаження в кН).

Розрахункові навантаження у вузлах:

- $P_1 = g \sum_m \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,065 \cdot 0,5 = 14,684$ кН;
- $P_{15} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,065 + 3,050) / 2 = 29,397$ кН;
- $P_{16} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,050 + 3,040) / 2 = 29,177$ кН;
- $P_{10} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,040 + 3,026) / 2 = 29,062$ кН;
- $P_{11} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,026 + 3,019) / 2 = 28,962$ кН;
- $P_{12} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,019 + 3,012) / 2 = 28,894$ кН;
- $P_{17} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,012 + 3,006) / 2 = 28,832$ кН;
- $P_{13} = g \sum_m \cdot L \cdot B = 1,601 \cdot 6 \cdot (3,006 + 3,002) / 2 = 28,784$ кН;
- $P_{14} = g \sum_m \cdot L \cdot B \cdot 0,5 = 1,601 \cdot 6 \cdot 3,002 \cdot 0,5 = 14,383$ кН;

Мозаїка зусиль в стержнях другого варіанту ферм:

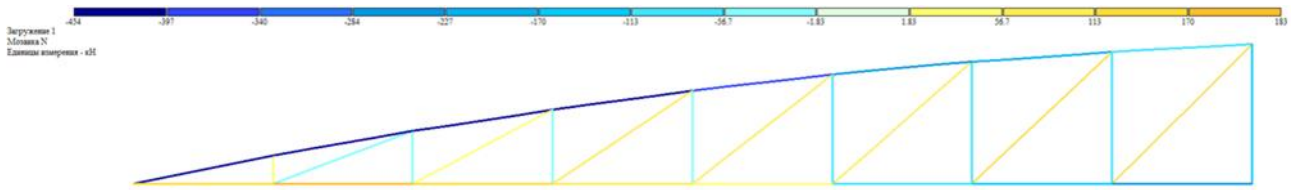


Рисунок 6.10 - Мозаїка зусиль в стержнях другого варіанту ферм

Мозаїка переміщень в стержнях другого варіанту ферм:

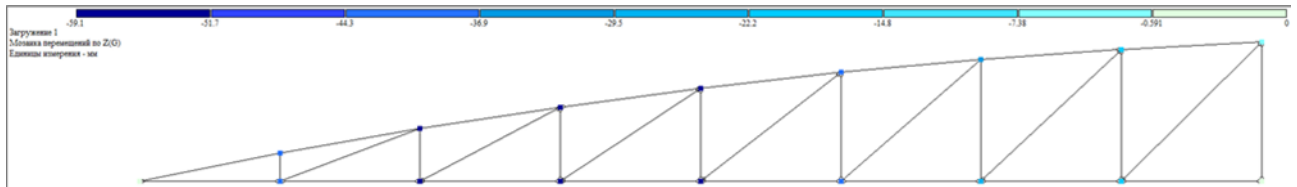


Рисунок 6.11 - Мозаїка переміщень в стержнях другого варіанту ферм

Деформована схема другого варіанту ферми:

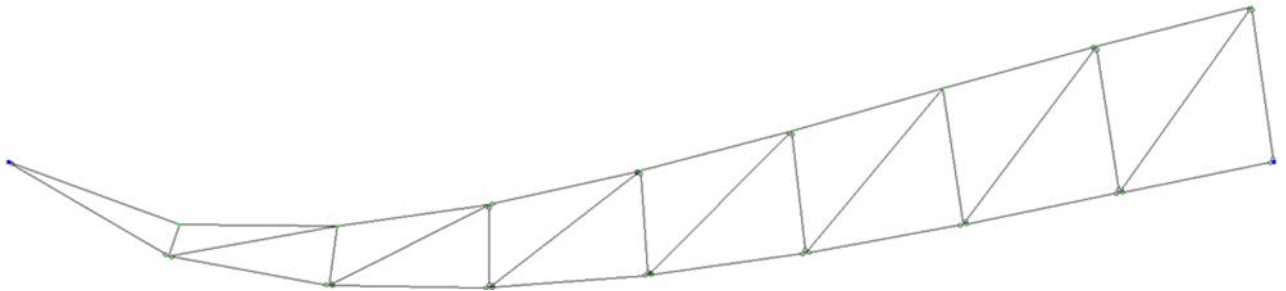


Рисунок 6.12 - Мозаїка переміщень в стержнях другого варіанту ферм

Підсумок розрахунків. Висновок про раціональність вибору геометричної схеми ферми.

Таблиця 6.1

Таблиця порівнянь результатів розрахунку трьох варіантів ферми

№	Характеристика	Основа схема	Перший варіант	Другий варіант
1	2	3	4	5
1	Максимальне повздовжнє додатне зусилля в елементах ферми	116 кН	183 кН	183 кН
2	Максимальне повздовжнє від'ємне зусилля в елементах ферми	440 кН	537 кН	454 кН
3	Максимальне переміщення вузлів	27,8 мм	59,2 мм	59,1 мм

Порівняльний аналіз трьох геометричних схем ферм однакової довжини та висоти показав, що в альтернативних варіантах відбувається зростання максимальних стискаючих зусиль на 10–20%, розтяжних зусиль — на 60%, а вузлові переміщення збільшуються більше ніж удвічі.

Отже, базова геометрична схема ферми є значно жорсткішою, економічно виправданою та спроектована більш раціонально, ніж розглянуті альтернативи