

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

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект будівлі для спортивної стрільби

Виконав: студент IV курсу, групи МБс-41
спеціальності _____

192 “Будівництво та цивільна інженерія”

(шифр і назва спеціальності)

Студент _____
(підпис) Іваськів А. І.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Гудь М. І.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Мещерякова О. М.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Ясній В.П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) Качка О. І.
(прізвище та ініціали)

Креслення графічної частини - не менше 6 аркушів формату А1 (594 x 841 мм).

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 22.01.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Іваськів А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гудь М.И.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Рішення генерального плану.....	9
1.2 Об'ємно-планувальне рішення	10
1.3 Конструктивні рішення	12
1.4 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення.....	13
1.5 Теплотехнічний розрахунок стіни.....	13
1.6 Теплотехнічний розрахунок покриття	16
1.7 Протипожежні заходи.....	18
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	20
2.1 Опис програмного комплексу	20
2.2 Вихідні дані для розрахунку каркаса	21
2.3 Вибір матеріалу для конструкцій каркаса	21
2.4 Збір навантажень на ферму	22
2.5 Сума навантажень на колону	27
2.6 Розрахунок каркаса та підбір перерізів у програмному комплексі.....	30
2.6.1 Розрахунок сталеві кроквяної ферми та підбір перерізів конструктивних елементів	30
2.6.2 Розрахунок сталеві колони та підбір перерізів конструктивних елементів.	36
РОЗДІЛ 3 ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ.....	39
3.1 Вихідні дані для розрахунку фундаменту	39
3.2 Оцінка інженерно-геологічних умов.....	39
3.3 Обґрунтування можливих варіантів фундаменту та їх аналіз, вибір найбільш раціонального рішення	41
3.4 Підбір навантажень	43
3.5 Розрахунок стовпчастого фундаменту	44
3.5.1 Розрахунок стовпчастого фундаменту на природному ґрунті.	44

3.5.2 Розрахунок утеплювача для стовпчастого фундаменту.....	48
3.5.3 Розрахунок пальового фундаменту	48
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ....	53
4.1 Заходи з охорони праці та техніки безпеки	53
4.2 Заходи щодо охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
БІБЛІОГРАФІЯ.....	58

ВСТУП

Будівлі для спортивної стрільби належать до спеціалізованих спортивних об'єктів, у яких вимоги до функціональності нерозривно пов'язані з питаннями безпеки. Такі споруди повинні створювати належні умови для проведення тренувань, навчальних занять і змагань, передбачати контрольований рух відвідувачів та персоналу, ізольовані стрілецькі зони, приміщення для зберігання спорядження і зброї, а також надійні конструктивні рішення для тривалої та безпечної експлуатації.

Актуальність кваліфікаційної роботи визначається необхідністю проектування сучасної будівлі для спортивної стрільби, яка поєднує функції спортивного, навчального та адміністративного об'єкта. Важливими вимогами до такого комплексу є раціональне функціональне зонування, розділення потоків спортсменів, персоналу й відвідувачів, забезпечення пожежної безпеки, нормативного теплозахисту, природного освітлення, зручних евакуаційних шляхів і надійності несучих конструкцій.

Об'єктом проектування є будівля для спортивної стрільби, розміщена на території з організованими транспортними та пішохідними зв'язками. Генеральним планом передбачено під'їзд до будівлі, автостоянку для легкових автомобілів, трансформаторну підстанцію, рекреаційну зону, тверді покриття та озеленення території. Планування ділянки прийнято з урахуванням вимог протипожежного обслуговування, безпечного руху транспорту та благоустрою.

Будівля має різноповерхову структуру без підвалу та складається з двох основних частин. Одноповерховий спортивний блок містить стрілецький тир для стрільби з лука, зону бігових доріжок і зону для стрибків у довжину. Стрілецька зона відокремлюється захисною сіткою для вловлювання стріл, що забезпечує безпечне проведення занять.

Триповерхова адміністративно-допоміжна частина призначена для розміщення вестибюля, гардероба, буфету, навчального класу, медичного

кабінету, кімнат інструкторів і тренерів, санітарно-побутових приміщень, інвентарних та технічних приміщень. На другому поверсі передбачено тренажерний зал, навчальні й адміністративні приміщення, балкон із трибунами. На третьому поверсі розміщуються приміщення для зберігання та чищення зброї, тир для стрільби з пневматичної зброї, вентиляційні камери та допоміжні приміщення.

Конструктивне вирішення будівлі прийнято комбінованим. Одноповерхова частина виконується за сталевую каркасною схемою з металевими колонами, кроквяними фермами трубчастого перерізу, прогонами та сендвіч-панелями стін і покриття. Триповерхова частина має монолітний залізобетонний каркас із колонами та монолітними перекриттями. Між різновисотними блоками передбачено деформаційний шов, що забезпечує незалежну роботу конструктивних частин споруди.

Метою бакалаврської роботи є розроблення архітектурно-будівельних, розрахунково-конструктивних і фундаментних рішень будівлі для спортивної стрільби з урахуванням її функціонального призначення, вимог безпеки, надійності несучих конструкцій, енергоефективності огорожувальних елементів та умов експлуатації.

Для досягнення поставленої мети у роботі виконано такі завдання:

1. Розроблено рішення генерального плану з урахуванням транспортного обслуговування, автостоянки, благоустрою, рекреаційних зон і озеленення території.
2. Обґрунтовано об'ємно-планувальну структуру спортивного та адміністративного блоків, визначено склад приміщень і функціональні зв'язки між ними.
3. Прийнято конструктивні рішення одноповерхової сталевій та триповерхової монолітної залізобетонної частин будівлі.

4. Розглянуто рішення зовнішнього і внутрішнього оздоблення, світлопрозорих конструкцій, підлог, гідроізоляції та захисту приміщень із підвищеною вологістю.

5. Виконано теплотехнічні розрахунки зовнішніх стін і покриття з визначенням необхідної товщини теплоізоляційного шару.

6. Передбачено комплекс протипожежних заходів, зокрема нормативні евакуаційні виходи, системи оповіщення, автоматичну пожежну сигналізацію, первинні засоби пожежогасіння та протипожежні перешкоди.

7. Зібрано постійні, снігові та вітрові навантаження на елементи сталевих каркасів.

8. Виконано розрахунок сталевих кроквяної ферми та колони методом кінцевих елементів у програмному комплексі SCAD++.

9. Проведено підбір перерізів елементів ферми, прогонів і колон із перевіркою їх несучої здатності та стійкості.

10. Оцінено інженерно-геологічні умови майданчика та розглянуто варіанти стовпчастого і пальового фундаментів.

11. Опрацьовано заходи з охорони праці, техніки безпеки, охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

Вихідними даними для проєктування є функціональне призначення об'єкта як будівлі для спортивної стрільби, різноповерхова об'ємно-планувальна структура, наявність спортивного залу й адміністративних приміщень, застосування сталевих та монолітного залізобетонних каркасів, сендвіч-панелей, металевих ферм, а також необхідність проєктування фундаментів для основних несучих конструкцій.

Методи виконання роботи включають аналіз архітектурно-планувальних і конструктивних рішень, теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій, збір навантажень, моделювання сталевих елементів методом, підбір перерізів каркаса та розрахунок фундаментів.

Практичне значення роботи полягає у створенні технічно обґрунтованого проєктного рішення будівлі для спортивної стрільби. Прийняті рішення забезпечують функціональне поєднання стрілецьких, спортивних, навчальних і адміністративних зон, безпечну експлуатацію споруди, надійну роботу несучих конструкцій та належні умови для проведення тренувального процесу.

Ключові слова: СПОРТИВНА СТРІЛЬБА, СТАЛЕВА ФЕРМА, МОНОЛІТНИЙ КАРКАС, ПАЛЬОВИЙ ФУНДАМЕНТ.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Рішення генерального плану

Генеральний план тиру розроблено відповідно до нормативних вимог. Враховано інженерно-геологічні умови, організацію транспортних шляхів, архітектурні та протипожежні умови. [2]

Земельна ділянка має у плані прямокутну форму, розміром 184×77 м.

Головний під'їзд до об'єкта будівництва здійснюється із західного напрямку, з боку автодороги.

На території ділянки розташовані:

- парковка для легкових автомобілів, загальною місткістю 20 місць;
- місце відпочинку з двома фонтанами;
- одна трансформаторна підстанція;

Ширина автодороги становить 6 м. Техніко-економічні показники генерального плану: Площа ділянки — 14168 м^2 . Площа озеленення — 4058 м^2 . Загальна площа бруківки — 1867 м^2 . Площа асфальтованого покриття — 1948 м^2 . Щільність забудови — 22%. Загальна площа забудови — 3762 м^2 . З метою здійснення екологічних заходів на території ділянки висаджено листяні, хвойні дерева, чагарники та газон.

Роза вітрів для с. Троїцьке складена на основі даних метеорологічної служби WorldWeather. Дані щодо напрямків вітрів наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Розрахунок рози вітрів (січень)

Пункт	Січень							
с. Троїцьке	Пн	Пн – Сх	Сх	Пн-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн – Зх
%	8,1	0,8	4,7	5,3	19,7	15,4	18,5	27,4

Таблиця 1.2 - Розрахунок вітророзподілу (липень)

Пункт	Липень							
с. Троїцьке	Пн	Пн-Сх	Сх	Пн-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
%	12,5	3,5	8,7	8,3	21,5	12,1	17	16,6

Побудована роза вітрів представлена на рисунку 1.1.

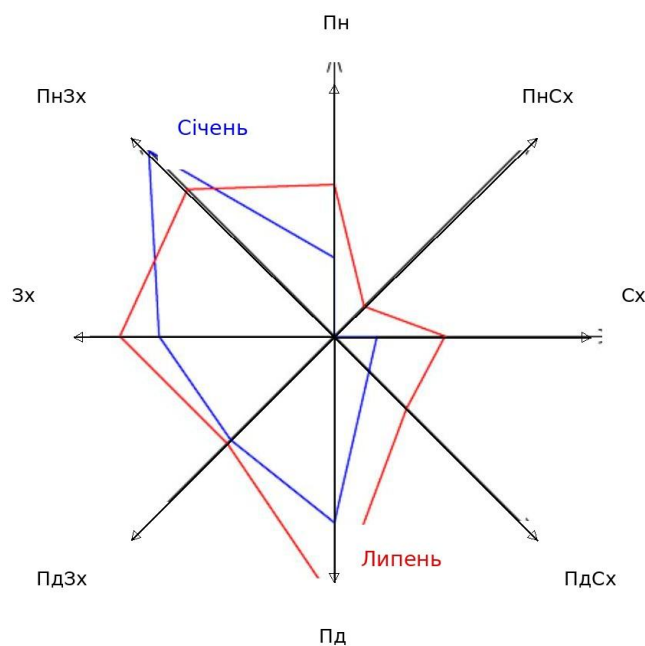


Рисунок 1.1 - Графік рози вітрів

Для даного району будівництва південний напрямок вітру є переважаючим.

1.2 Об'ємно-планувальне рішення

Будівля тиру має різну поверховість без підвалу, розділена на дві секції. В осях (4-21)(А-Ж) розташований багатофункціональний спортивний зал, одноповерховий, із розміщенням: стрілецького тиру, зони бігових доріжок, зони для стрибків у довжину. Зона стрільби з лука відокремлена сіткою для уловлювання стріл. У осях (1-4)(А-Ж) розташована триповерхова адміністративна будівля, у якій розміщені технічні та допоміжні приміщення, а також тир для стрільби з пневматичної зброї.

Будівля проектується як єдиний об'єм. Прийнята концепція — строгість форм, що відображає функціональне призначення об'єкта, чіткість просторового рішення.

Габаритні розміри тиру в осях 114,0 м , та 33,0 м . Висота будівлі 13,00 м (відмітка парапету). За відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги першого поверху. Дах будівлі двосхилий.

Передбачено три головні входи до будівлі тиру: два по осі А та один по осі 1. Зв'язок між поверхами в осях (1–4)(А–Ж) здійснюється за допомогою сходових кліток.

На першому поверсі розташовані:

- стрілецький тир для стрільби з лука;
- приміщення охорони;
- буфет;
- вестибюль;
- навчальний клас;
- гардероб;
- кабінет медсестри;
- електрощитова;
- кімната інструкторів і тренерів;
- санвузол для чоловічого персоналу;
- санвузол для жіночого персоналу;
- душові;
- інвентарна;
- виставковий зал.

На другому поверсі розташовані: 15. комора для зберігання зброї; 16. тренажерний зал; 17. адміністративне приміщення; 18. санвузли; 19. навчальний клас; 20. балкон із трибунами; 21. балкон;

На третьому поверсі розташовані:

- вентиляційна камера ДУ;

- комора для стрілецького спорядження;
- приміщення для чищення зброї;
- кімната для зберігання зброї;
- тир для стрільби з пневматичної зброї;
- приміщення для зберігання та ремонту світильників та електроламп;
- вентиляційна камера;
- підсобне приміщення.

1.3 Конструктивні рішення

Проектований тир в осях (5-21)(А-Ж) одноповерховий, має каркасну конструктивну схему з металевим каркасом:

Колони — металеві двотаврового перерізу 200×200 , масою 385 кг; Ферми — металеві, трубного перерізу, масою 5070 кг ; Проектований тир в осях (1-4)(А-Ж) триповерховий, має каркасну конструктивну схему з монолітного залізобетону.

Колони — залізобетонні 400×400 ; Перекриття — залізобетонне монолітне, виконане за знімною опалубкою; Огороджувальні конструкції стін — сендвіч-панелі заводського типу та індивідуального виготовлення (150 мм).

Огороджувальні конструкції покрівлі — сендвіч-панелі заводського типу та індивідуального виготовлення (120 мм).

Заповнення прорізів — двері та вікна (індивідуального виготовлення). Для з'єднання двох різноповерхових частин будівлі в осях (4-5) у тирі передбачено деформаційний шов.

Сходи залізобетонні з висотою сходинки 150 мм і проступом 300 мм. Огородження сходів металеве висотою 90 см.

1.4 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Цоколь будівлі облицьовується керамогранітними плитами.

Поверхні перегородок вирівнюються сухими сумішами з подальшим чистовим оздобленням. Поверхні перегородок з листів ГКЛ шпаклюються з подальшим фарбуванням.

Підлоги проєктуються на вирівнювальній стяжці з цементно-піщаного розчину, з покриттям відповідно до експлікації підлог.

У приміщеннях (душові, санвузли) передбачається оздоблення стін і підлоги керамічною плиткою. Для запобігання зволоженню несучих конструкцій будівлі передбачається гідроізоляція.

Віконні заповнення проєктуються з полівінілхлоридних профілів із двокамерними склопакетами з поворотно-відкидною фурнітурою, з 3 контурами ущільнення, з механізмами мікропровітрювання.

1.5 Теплотехнічний розрахунок стіни

Розрахункові дані: Район будівництва — с. Троїцьке; Зона вологості території — суха; Режим вологості приміщень — нормальний [3]; $t_B = 18^\circ\text{C}$ - розрахункова температура повітря всередині приміщення [3]; $t_H = -27^\circ\text{C}$ - температура найхолоднішої п'ятиденки з коефіцієнтом 0,98 [3]; $t_{\text{оп}} = -7,9^\circ\text{C}$ - температура опалювального періоду [3]; $z_{\text{оп}} = 183$ добб — тривалість опалювального періоду [3]; $a_f = 8,7 \text{ BT}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ – коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції [3]; $a_{\text{ext}} = 23$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції [3];

Відносна вологість повітря: $\varphi_B = 55\%$ [3]. Будова огорожувальних конструкцій представлена на рисунку 1.2

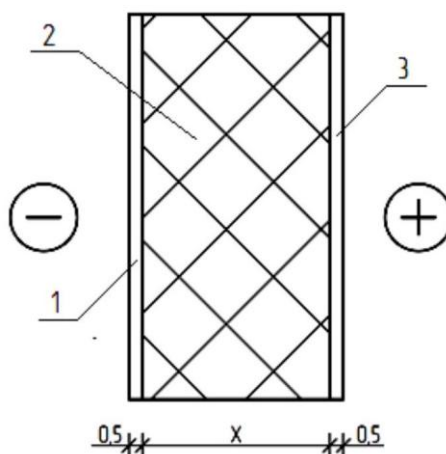


Рисунок 1.2 - Розріз зовнішньої стіни

Матеріал зовнішніх стін наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Склад матеріалу стінових панелей

№ п/п	Назва матеріалу	густина, кг/м ³	δ , мм	λ , Вт/(м ² · °C)	R, м ² · °C/Вт
1	Оцинкований профлист	7820	0,5	58	0,009
2	Пінополістирол	100	x	0,041	x
3	Оцинкований профлист	7820	0,5	58	0,009

Градусо-добові показники опалювального періоду визначаються за [3]:

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{\text{оп}})z_{\text{оп}} \quad (1.1)$$

Де $t_B, z_{\text{оп}}$ — середня температура зовнішнього повітря, °C , та тривалість, дін./рік, опалювального періоду; t_f — розрахункова температура внутрішнього повітря будівлі, °C .

$$\text{ГСОП} = (20 + 7,9) \cdot 223 = 6222^\circ\text{C} \cdot \text{дін.},$$

Нормативне значення приведенного опору теплопередачі визначається за [3]:

$$R_{\text{red}} = a \cdot D_d + b \quad (1.2)$$

де D_d — градусо-добу опалювального періоду, $C \cdot \text{добу}$; а та b — коефіцієнти, значення яких слід брати за даними [3] для відповідних груп будівель.

$$R_{red} = 0,0003 \cdot 6222 + 1,2 = 3,067 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт},$$

Оскільки с. Троїцьке належить до зони вологості — сухої, при цьому вологісний режим приміщення — нормальний, то відповідно до [3] теплотехнічні характеристики матеріалів огороджувальних конструкцій будуть прийняті, як для умов експлуатації А.

Умовний опір теплопередачі $R_0^{ум}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$) визначається за [3]:

$$R_0^{ум} = 1/\alpha_f + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_{ext} \quad (1.3)$$

Де α_f — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$; α_{ext} - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальних конструкцій для умов холодного періоду.

$$R_{0\text{ ум}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0005}{58} + \frac{x}{0,041} + \frac{0,0005}{58} + \frac{1}{23}$$

$x = 119,3$ Отже, беремо сендвіч-панель стандартної товщини 150 мм з товщиною утеплювача $\delta = 149$ мм . $R_{0\text{ ум}} = 3,82 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$ Наведений опір теплопередачі $R_0^{пр}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$) визначимо за [3]:

$$R_0^{пр} = R_0^{ум} \cdot r \quad (1.4)$$

де r — коефіцієнт теплотехнічної однорідності огороджувальної конструкції, що враховує вплив стиків, укосів прорізів, обрамлюючих ребер, гнучких зв'язків та інших теплопровідних включень $r = 0,92$

$$\text{Тоді: } R_0^{пр} = 3,82 \cdot 0,92 = 3,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$$

Висновок: величина приведенного опору теплопередачі $R_0^{пр}$ перевищує необхідну $R_0^{норм}$ ($3,51 > 3,07$) отже, представлена огорожувальна конструкція відповідає вимогам щодо теплопередачі.

1.6 Теплотехнічний розрахунок покриття

Визначення товщини утеплювача покрівлі: будова конструкцій покриття представлена на рисунку 1.3

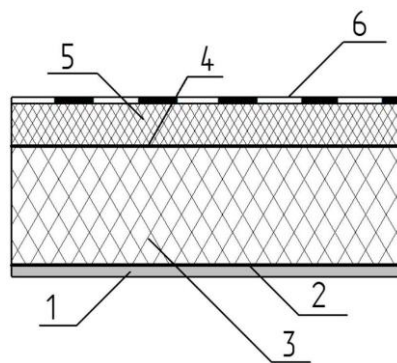


Рисунок 1.3 – Конструкція покрівлі

Матеріал конструкції покрівлі наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Склад матеріалу покрівельних панелей

№ шару	Назва матеріалу	δ , мм	λ_A Вт/(м°C)	λ_5 Вт/(м°C)	мкг/(м·год·Па)
1	Пароізоляція	2,5	0,22	0,22	0,008
2	Оцинкований профлист	0,5	58	58	0
3	Пінополістирол	x	0,041	0,052	0,05
4	Оцинкований профлист	0,5	58	58	0

Базове значення необхідного опору теплопередачі визначається $Ro^{птр}$, виходячи з нормативних вимог до приведенного опору теплопередачі [21] за формулою:

$$Ro^{mp} = a \cdot \Gamma COП + b \quad (1.5)$$

де a та b — коефіцієнти, значення яких слід брати за даними [21], $a = 0,00035$; $b = 1,3$

Градусо-доби опалювального періоду $\Gamma COП$, $^{\circ}C \cdot \text{діб}$, визначаємо за [21]:

$$\Gamma COП = (t_B - t_{оп})Z_{оп} \quad (1.6)$$

$$Ro^{HOPM} = 0,00035 \cdot 5776 + 1,3 = 3,32 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C / Bт$$

За формулою в таблиці 3 [21] визначаємо базове значення необхідного опору теплопередачі $Ro^{Tp} (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C / B)$, див. розв'язання формули 1.5

Умовний опір теплопередачі R_0^{ym} , $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C / B)$ визначається за [21]:

$$R_0^{ym} = 1/\alpha_{int} + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_{ext} \quad (1.7)$$

Де α_f — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, що приймається за [21], дорівнює $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C)$; α_{ext} - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій для умов холодного періоду, що береться за [21], дорівнює 12.

$$R_{0ym} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0005}{58} + \frac{x}{0,041} + \frac{0,0005}{58} + \frac{1}{12}$$

$x = 112$ отже, приймаємо товщину утеплювача $\delta = 120 \text{ мм}$,.

$$R_{0ym} = 4,02 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C / Bт$$

Наведений опір теплопередачі R_0^{np} , $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C / Bт)$ визначимо за [10]:

$$R_0^{np} = R_0^{ym} \cdot r \quad (1.8)$$

де r — коефіцієнт теплотехнічної однорідності огорожувальної конструкції, що враховує вплив стиків, укосів прорізів, обрамлюючих ребер, гнучких зв'язків та інших теплопровідних включень $r = 0,92$

$$\text{Тоді: } R_0^{\text{пр}} = 4,02 \cdot 0,92 = 3,70 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$$

Висновок: величина приведенного опору теплопередачі $R_0^{\text{пр}}$ більша за необхідну $R_0^{\text{норм}}$ ($3,7 > 3,32$) отже, представлена огорожувальна конструкція відповідає вимогам щодо теплопередачі.

1.7 Протипожежні заходи

Концепція протипожежного захисту об'єкта розроблена з урахуванням конструктивних, об'ємно-планувальних та інших особливостей проєктованої будівлі та включає в себе комплекс систем протипожежного захисту з використанням пасивних та активних способів забезпечення пожежної безпеки.

Пасивні способи протипожежного захисту передбачають застосування об'ємно-планувальних рішень, спрямованих на забезпечення евакуації людей до настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів пожежі.

Для забезпечення евакуації передбачається: відповідну (нормативну) кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних виходів, забезпечення безперешкодного руху людей, оповіщення та керування евакуацією персоналу, звукове оповіщення під час пожежі; застосування протипожежних перешкод (стін, перекриттів, дверей, клапанів тощо), що обмежують поширення пожежі; застосування конструктивних та оздоблювальних матеріалів з нормованими показниками пожежної безпеки. Активні засоби протипожежного захисту включають застосування автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, систем оповіщення та управління евакуацією людей під час пожежі, первинних засобів пожежогасіння, сил і засобів підрозділів пожежної охорони.

Таким чином, система протипожежного захисту, що використовується, включає заходи, які забезпечують евакуацію персоналу та гарантують гасіння можливої пожежі. Система забезпечення пожежної безпеки об'єкта включає:

Крок колон, м — 6. Кількість кроків колон — 16. Товщина сендвіч-панелей 150 мм.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Опис програмного комплексу

Пакет SCAD Office являє собою набір програм, призначених для виконання розрахунків міцності та проєктування різних видів будівельних конструкцій. До складу пакету входять програми чотирьох видів:

- обчислювальний комплекс Structure CAD (БК SCAD), який є універсальною розрахунковою системою кінцево-елементного аналізу конструкцій і орієнтований на вирішення задач проєктування будівель та споруд досить складної структури;
- допоміжні програми, призначені для «обслуговування» БК SCAD та забезпечення формування й розрахунку геометричних характеристик різних типів перерізів стрижневих елементів (Конструктор перерізів, КОНСУЛ, ТОНУС, СЕЗАМ), визначення навантажень і впливів на споруду, що проєктується (ВЕСТ), обчислення коефіцієнтів підґрунтя, необхідних при розрахунку конструкцій на пружному підґрунті (КРОСС), а також препроцесор ФОРУМ, що використовується для формування укрупнених моделей та при імпорті даних з архітектурних систем;
- проєктно-аналітичні програми «КРИСТАЛ» та «АРБАТ», які призначені для вирішення конкретних завдань перевірки та розрахунку елементів сталевих і залізобетонних конструкцій відповідно до вимог нормативних документів (СП);
- проєктно-конструкторські програми «КОМЕТА» та «МОНОЛІТ», призначені для розробки конструкторської документації на стадії детального опрацювання проєктного рішення.

Комплекс SCAD використовується при розрахунку та проєктуванні конструкцій різного виду та призначення. Маючи у своєму складі розвинені засоби підготовки даних, розрахунку та аналізу результатів, він не накладає практичних обмежень на розміри та форму споруд, що проєктуються. Разом з тим

для інженера-проектувальника не менш (а в багатьох випадках і більш) важливими є «прости» завдання, вирішення яких займає у нього значну частину часу. Перевірка перерізів елементарних балок, підбір навантажень на елементи конструкції, визначення геометричних характеристик складених перерізів — ось далеко не повний перелік такого роду рутинних проектних завдань [14].

2.2 Вихідні дані для розрахунку каркаса

Вихідні дані для розрахунку ферми: Матеріал — С255 [4]; Профіль нижнього поясу — прямокутна труба; Профіль верхнього поясу — прямокутна труба.

Профіль стійок — прямокутна труба; Профіль стійок — прямокутна труба; Проліт ферми — 33 м; Висота — 3,7 м; Крок стійок—2,75 м ; Панелі ферми — 26 шт. Вхідні дані для розрахунку колони: Матеріал — С255 [4]; Профіль — прямокутна труба; Крок колон — 6 м; Висота — 12,3 м. Коефіцієнти: $\gamma_f = 1$ -коефіцієнт надійності за навантаженням, що приймається за [16]. $\gamma_n = 1.0$ -коефіцієнт надійності за відповідальністю, що приймається за [17]. $\gamma_c = 0,95$ -коефіцієнт умов експлуатації, що приймається за [18] $\gamma_m = 1,1$ -коефіцієнт надійності за матеріалом, що приймається за [2].

2.3 Вибір матеріалу для конструкцій каркаса

Ферма: Ферма належить до 2 групи сталевих конструкцій [4]. Вибір матеріалу: Матеріал: С255 [4].

Розрахункова температура: $t_{min} = -40^\circ C$, $t_{max} = 34^\circ C$ [14].

Ударна в'язкість: $KCV = 34$ Дж/см² [4];

Хімічний склад: вуглець(C) = 0,22% , фосфор(P) = 0,04% , сірка(S) = 0,025 [4];

Марка сталі C255 [4]: $R_{yn} = 255 \text{ Н/м м}^2$; $R_{un} = 380 \text{ Н/мм}^2$; $R_y = 250 \text{ Н/м м}^2$; $R_u = 370 \text{ Н/м м}^2$; $R_s = 0,58 \cdot R_y = 145 \text{ Н/мм}^2$, де R_{yn} — нормативний опір сталі за межею плинності [4]; R_{un} - нормативний опір сталі за тимчасовим опором [4]; R_y - розрахунковий опір за межею плинності (таблиця 2 [4]); R_u - розрахунковий опір за тимчасовим опором [4]; R_s - розрахунковий опір на зсув (таблиця 2 [4]); Колона: Колона належить до 3 групи сталевих конструкцій (додаток В [4]) Вибір матеріалу: Матеріал: C255 [4]. Розрахункова температура: $t_{min} = -40^\circ\text{C}$, $t_{max} = 34^\circ\text{C}$ [14]). Ударна в'язкість: $KCV = 34 \text{ Дж/см}^2$ [4];

Хімічний склад: вуглець(C) = 0,22% , фосфор(P) = 0,04% , сірка(S) = 0,025 [4]; Марка сталі C255 [4]: $R_{yn} = 255 \text{ Н/м м}^2$; $R_{un} = 380 \text{ Н/мм}^2$; $R_y = 250 \text{ Н/м м}^2$; $R_u = 370 \text{ Н/м м}^2$; $R_s = 0,58 \cdot R_y = 145 \text{ Н/мм}^2$, де R_{yn} — нормативний опір сталі за межею плинності 5 [4]; R_{un} - нормативний опір сталі за тимчасовим опором [4]; R_y - розрахунковий опір за межею плинності [4]; R_u - розрахунковий опір за тимчасовим опором [4]; R_s - розрахунковий опір на зсув

2.4 Збір навантажень на ферму

Для виконання статичного розрахунку в програмному комплексі SCAD++ необхідно відобразити постійні та тимчасові навантаження, що діють на конструкцію. Постійними навантаженнями є навантаження від власної ваги всіх конструкцій (покрівля, конструкції ферм, колон, зв'язків, стінових панелей). Власна вага конструкцій у програмному комплексі задається автоматично, коефіцієнт надійності за навантаженням прийнято рівним 1,05 [2]). Постійне навантаження від ваги покрівлі прикладено до прогонів покриття. До колон прикладено навантаження від ваги стінових панелей.

Тимчасовими навантаженнями є кліматичні та сейсмічні впливи. Кліматичні умови району будівництва: сніговий район II [2]; вітровий район III [2];

розрахункова температура зовнішнього повітря — мінус 27°C [4] ; сейсмічність району будівництва — 7 балів [3]. Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покрівлі за [2]:

$$S_0 = t_u S_g \quad (2.1)$$

$$S_0 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8 \text{ кПа}$$

Де $ce = (1,2 - 0,1V\sqrt{k})(0,8 + 0,002b)$ — коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель під дією вітру або інших факторів; $k = 0,65$ - приймається за таблицею 11.2 [4]; b - ширина покриття [4]; $V = 2,3$ м/с [2].

$$ce = (1,2 - 0,1 \cdot 2,3\sqrt{0,8}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 24) = 0,8$$

Для подальшого розрахунку металевої кроквяної ферми тепличного відділення потрібно провести підсумовування навантажень на 1м^2 покриття, виконане зі склопакетів. Підсумовування навантажень наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Сума навантажень на покриття

п/п	Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням]	Розрахункове навантаження, кН/м ²
1 Постійне навантаження				
	Покрівельні сендвіч-панелі $t_{\text{листа}} = 150$ мм; Маса $1\text{ м}^2 = 30$ кг	0,30	1,0	0,30
	Разом постійне	0,30		0,30
2 Тимчасове навантаження				
	Снігове навантаження на $1\text{ м}^2 = 102$ кг	1,02	1,4	1,428
	Разом тимчасове	1,02		1,428

Навантаження на прогони визначається виходячи з їх вантажної площі (рисунок 2.1):

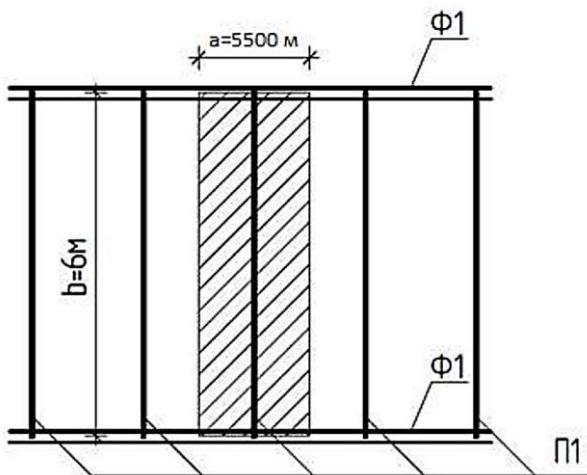


Рисунок 2.1 - Вантажна площа прогонів

Розрахунок навантаження, що діє від сендвіч-панелей на прогін:
Нормативна:

$$q_{CT}^H = a \cdot b \cdot q \quad (2.3)$$

де a — ширина вантажної площі прогону, що дорівнює кроку прогонів 5,5 м; b - довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; q - нормативне значення навантаження на 1 м^2 :

$$q_{CT}^H = 5.5 \cdot 6 \cdot 26 = 858 \text{ кг} = 0,858 \text{ Т};$$

Розрахункове:

$$q_{CT}^p = a \cdot b \cdot q \cdot \gamma_f \quad (2.4)$$

де a — ширина вантажної площі прогону, що дорівнює кроку прогонів 1 м; b - довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; q - нормативне значення навантаження на 1 м^2 ; γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням, що приймається за [2]:

$$q_{CT}^p = 5.5 \cdot 6 \cdot 26 \cdot 1 = 858 \text{ кг} = 0,858 \text{ Т}$$

Розрахунок снігового навантаження, що діє на прогін: Нормативна:

$$q_{CT}^H = a \cdot b \cdot q \quad (2.5)$$

де a — ширина вантажної площі прогону, що дорівнює кроку прогонів 1 м ;
 b - довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; q - нормативне значення
 снігового навантаження на 1 м² (див. формулу 2.1):

$$q_{CT}^H = 5.5 \cdot 6 \cdot 102 = 3366 \text{ кг} = 3,36 \text{ т};$$

Розрахункове:

$$q_{CT}^p = a \cdot b \cdot q \cdot \gamma_f \quad (2.6)$$

де a — ширина вантажної площі прогону, що дорівнює кроку прогонів 1 м ;
 b - довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; q — нормативне значення
 снігового навантаження на 1 м² (див. формулу 2.1); γ_f — коефіцієнт надійності за
 навантаженням, що приймається за [2]:

$$q_{CT}^p = 5,5 \cdot 6 \cdot 102 \cdot 1,4 = 4712 \text{ кг} = 4,712 \text{ т}.$$

Перетин прогону прийнято конструктивно — двотавр 16 Б2 (рисунок 2.2):

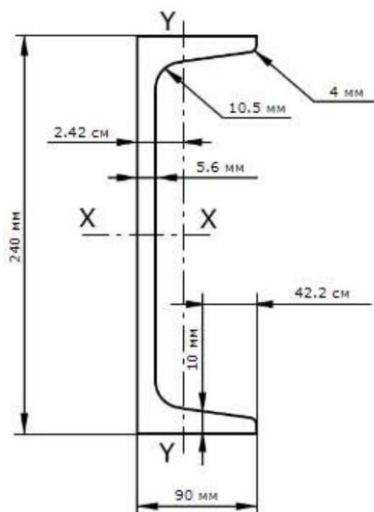


Рисунок 2.2 – Перетин прогону

Визначення ваги одного прогону, що діє на стійку ферми: Нормативна:

$$q_{\text{пр}}^H = A_{\text{пер}} \cdot l \cdot \rho \quad (2.7)$$

де $A_{\text{пер}}$ — площа перерізу прогону; l — довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; ρ — щільність сталі [2]):

$$q_{\text{пр}}^H = 0,00306 \cdot 6 \cdot 7850 = 95 \text{ кг} = 0,144 \text{ т.}$$

Розрахункова:

$$q_{\text{пр}}^p = A_{\text{пер}} \cdot l \cdot \rho \cdot \gamma_f \quad (2.8)$$

де $A_{\text{пер}}$ — площа перерізу прогону; l — довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; ρ — щільність сталі [2]; γ_f — коефіцієнт надійності за навантаженням, що приймається за [2]:

$$q_{\text{пр}}^p = 0,00306 \cdot 6 \cdot 7850 \cdot 1,05 = 151,3 \text{ кг} = 0,15 \text{ т.}$$

Визначення навантаження, що діє на одну стійку ферми: Нормативне навантаження:

$$q_{\text{сум}}^H = \sum q_{\text{констр.}}^H \quad (2.9)$$

де $q_{\text{констр.}}^H$ — нормативне значення навантажень, що діють на вищерозташовані конструкції.

$$q_{\text{сум}}^H = 0,16 + 0,61 + 0,1 = 0,87 \text{ т.}$$

Розрахункове навантаження:

$$q_{\text{сум}}^p = \sum q_{\text{констр.}}^p \quad (2.10)$$

де $q_{\text{констр.}}^p$ — розрахункове значення навантажень, що діють на вищерозташовані конструкції.

$$q_{\text{сум}}^p = 0,16 + 0,86 + 0,1 = 1,12 \text{ Т.}$$

Вітрове навантаження

Нормативне значення середньої складової вітрового навантаження визначається як сума середньої та пульсаційної складових за [2]:

$$w = w_m + w_p$$

Нормативне значення середньої складової:

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c \quad (2.11)$$

Де w_0 — нормативне значення вітрового тиску, [2];

$k(z)$ — коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висот z , [2];

c — аеродинамічний коефіцієнт, [2].

$$w_0 = 38 \text{ кг/м}^2$$

$$k(z_e) = 0,65$$

Пульсаційна складова — задається програмно. Вітрове навантаження дорівнює:

$$w_m = 38 \cdot 1 \cdot 11 \text{ м} = 38 \text{ кг/м}$$

2.5 Сума навантажень на колону

Сталева колона К1 є позацентрово стиснутою, оскільки конструкції покриття спираються на колону лише з одного боку, що призводить до вигину даної конструкції колони (рисунок 2.3).

Таблиця 2.2 - Сума навантажень на колону

№ п/п	Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове навантаження, кН/м ²
1 Постійне навантаження				
1	Покрівельні сендвіч-панелі. $t_{\text{листа}} = 150 \text{ мм};$ Маса $1 \text{ м}^2 = 30 \text{ кг}$	0,3	1,0	0,3
2	Прогони Швелер 24П; Маса $1 \text{ м} = 24 \text{ кг}$	0,24	1,0	0,24
	Разом постійна	0,54		0,54
2 Тимчасове навантаження				
1	Снігове навантаження Навантаження на $1 \text{ м}^2 = 80 \text{ кг}$	0,8	1,4	1,12
2	Бічне вітрове навантаження Навантаження на $1 \text{ м}^2 = 38 \text{ кг}$	0,38	1,4	0,53
	Разом тимчасове	0,12		1,65

Навантаження від прогонів покриття: Нормативна (див. формулу 2.7):

$$q_{\text{пр}}^H = A_{\text{пер}} \cdot l \cdot \rho \cdot n = 0,00209 \cdot 6 \cdot 7850 \cdot 4 = 5,46 \text{ т.}$$

Де $A_{\text{пер}}$ — площа перерізу прогону; l — довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; ρ — щільність сталі [2], n — кількість прогонів.

Розрахункова (див. формулу 2.8):

$$q_{\text{пр}}^p = A_{\text{пер}} \cdot l \cdot \rho \cdot \gamma_f \cdot n = 0,00209 \cdot 6 \cdot 7850 \cdot 1,05 \cdot 4 = 5,73 \text{ т.}$$

Де $A_{\text{пер}}$ — площа перерізу прогону; l — довжина прогону, що дорівнює кроку колон 6 м; ρ — щільність сталі [2]; γ_f — коефіцієнт надійності за навантаженням, що приймається за [2], n — кількість прогонів.

2.6 Розрахунок каркаса та підбір перерізів у програмному комплексі

2.6.1 Розрахунок сталеві кроквяної ферми та підбір перерізів конструктивних елементів

Розрахунок виконано за допомогою проєктно-обчислювального комплексу SCAD++. В основу розрахунку покладено метод кінцевих елементів з використанням у якості основних невідомих переміщень та поворотів вузлів розрахункової схеми. У зв'язку з цим ідеалізація конструкції виконана у формі, пристосованій до використання цього методу, а саме: система представлена у вигляді набору тіл стандартного типу (стрижнів), що називаються кінцевими елементами.

Тип кінцевого елемента визначається його геометричною формою, правилами, що визначають залежність між переміщеннями вузлів кінцевого елемента та вузлів системи, фізичним законом, що визначає залежність між внутрішніми зусиллями та внутрішніми переміщеннями, а також набором параметрів (жорсткостей), що входять до опису цього закону.

Задавання навантажень на елементи кроквяної ферми: Навантаження від вищерозташованих конструкцій передається на елементи кроквяної ферми через кроквяні прогони (див. рисунок 2.5). Усі значення навантажень задаються в тоннах.

Розрахунок проводиться для найбільш навантаженої центральної ділянки. На рисунку 2.5 показано призначення навантаження від власної ваги конструкції:

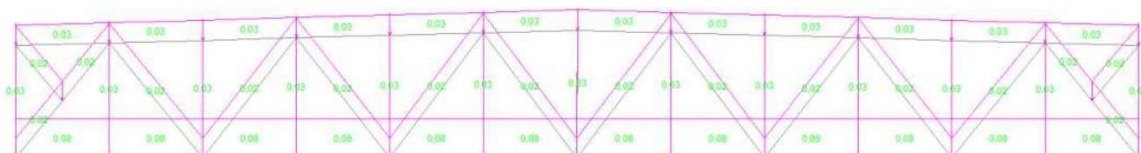


Рисунок 2.5 - Дія навантаження від власної ваги ферми

На рисунку 2.6 показано розподіл навантаження від прогонів:

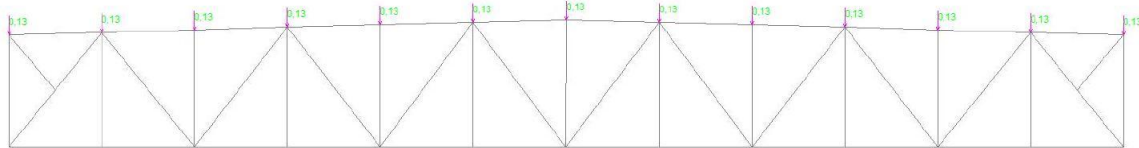


Рисунок 2.6 - Дія навантаження від прогонів

Дія снігового навантаження на конструкцію показана на рисунку 2.7:

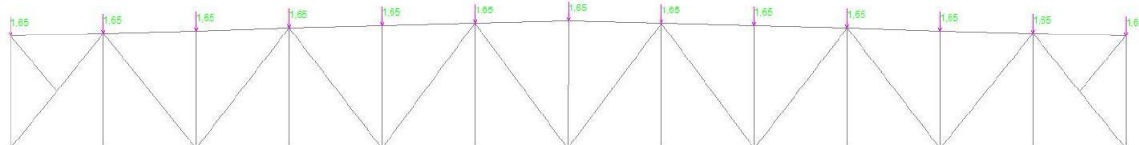


Рисунок 2.7 - Дія снігового навантаження

Вплив вітрового навантаження на конструктивні елементи ферми показано на рисунку 2.8:

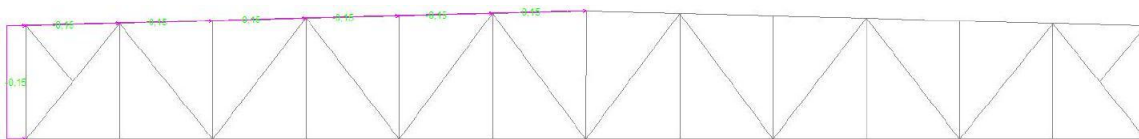


Рисунок 2.8 - Вплив вітрового навантаження на елементи ферми

Навантаження та комбінації навантажень наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.3 - Навантаження та комбінації навантажень

Навантаження	
Номер	Назва
1	Власна вага
2	Вага прогонів
3	Вага склопакетів
4	Снігове навантаження
5	Вітрове навантаження
Комбінації навантажень	
Номер	Формула

Результати розрахунку: Після задавання всіх необхідних навантажень на конструкцію кроквяної ферми та проведення розрахунків у програмі SCAD++, програмний комплекс виводить графічне зображення переміщень конструктивних елементів ферми (рисунк 2.9):

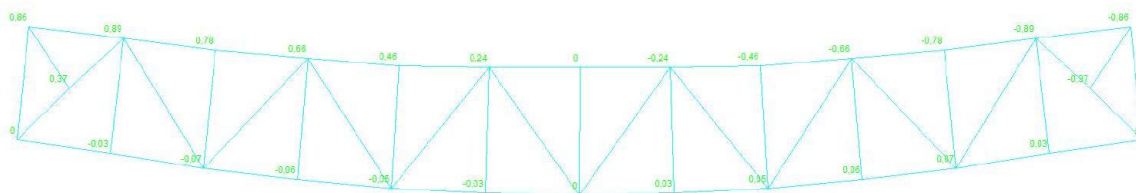


Рисунок 2.9 - Графічне відображення переміщень елементів ферми

Кольорове відображення значень зусиль представлено на рисунку 2.10: Надалі програмне забезпечення будує епюри, необхідні для розрахунку підбору перерізів елементів ферми.

Епюра поздовжніх зусиль $N(\text{кН})$ від розрахункового поєднання навантажень представлена на рисунку 2.10.

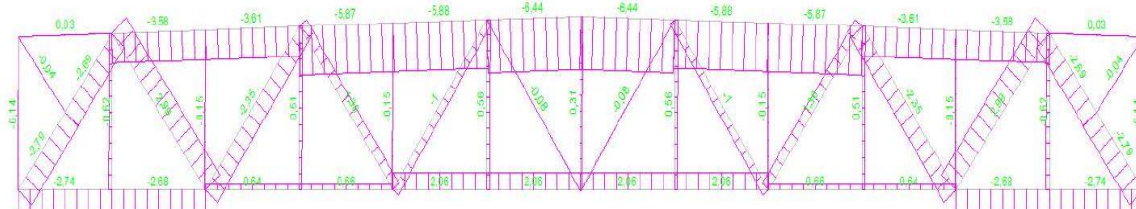


Рисунок 2.10 - Епюра поздовжніх зусиль

Епюра моментів $M(\text{кН} \cdot \text{м})$ від розрахункового поєднання навантажень представлена на рисунку 2.11.

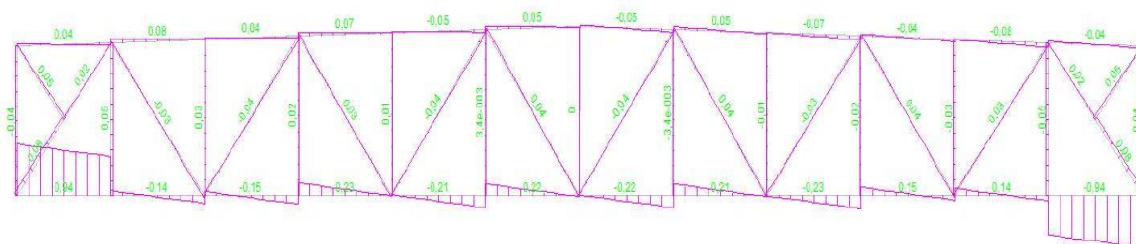


Рисунок 2.11 - Епюра поздовжніх зусиль

Після побудови всіх необхідних епюр програма SCAD++ здійснює підбір перерізів елементів ферми. Схема розташування елементів ферми наведена на рисунку 2.12:

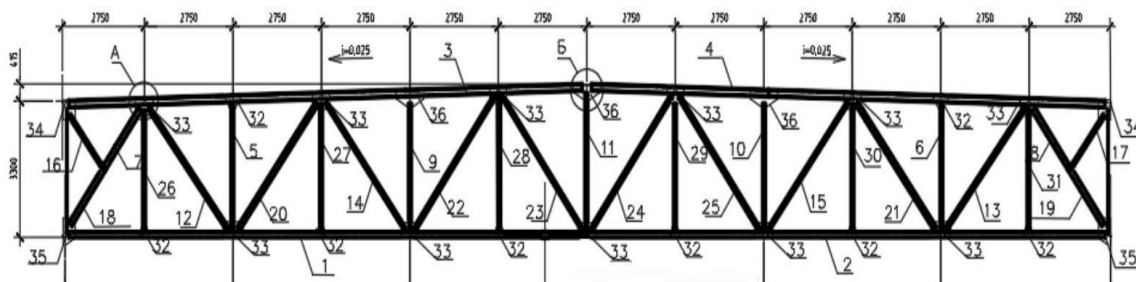


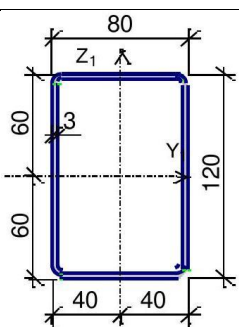
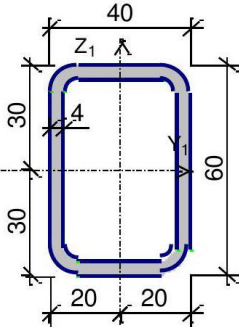
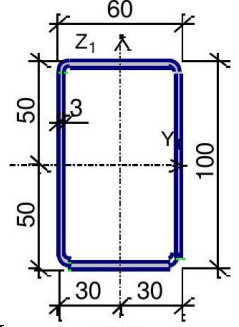
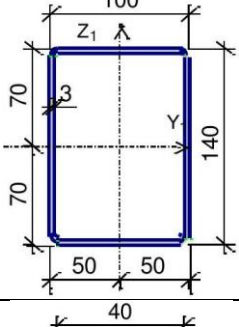
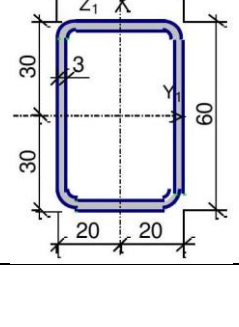
Рисунок 2.12 - Схема розташування елементів ферми

Результат підбору перерізів елементів ферми наведено в таблиці 2.4.

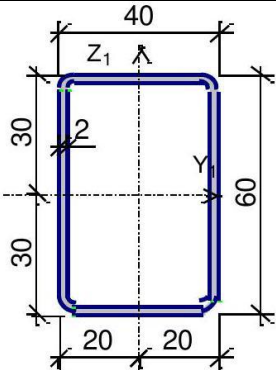
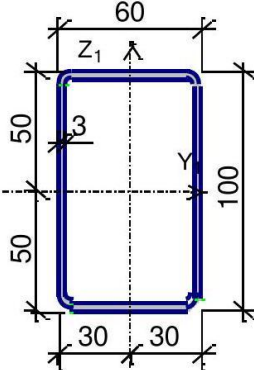
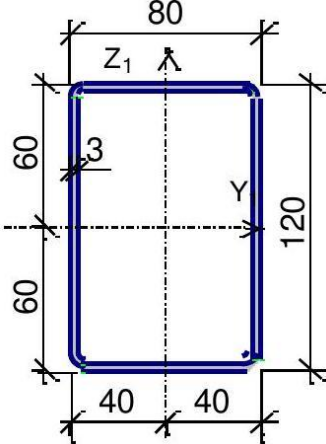
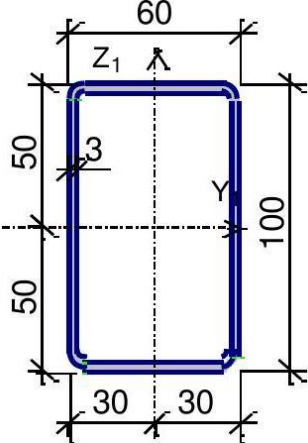
Таблиця 2.4 - Результат підбору перерізів елементів ферми

№ п/п	Назва елемента	Переріз	Профіль
13	Нижній пояс		Прямокутна труба 350 × 250 × 5.5
14	Верхній пояс		Прямокутна труба 350 × 250 × 5.5

Продовження таблиці 2.4

№ п/п	Назва елемента	Переріз	Профіль
15	Крайня стійка		Прямокутна труба 120 × 80 × 3
16	Поперечина		Прямокутна труба 4 60 × 40 × 4
17	Стійка		Прямокутна труба 100 × 60 × 3
18	Поперечина		Прямокутна труба 140 × 100 × 3
19	Стійка		Прямокутна труба 60 × 40 × 3

Продовження таблиці 2.4

№ п/п	Назва елемента	Переріз	Профіль
20	Поперечина		Прямокутна труба 60 × 40 × 2
21	Стійка		Прямокутна труба 100 × 60 × 3
22	Поперечина		Прямокутна труба 120 × 80 × 3
23	Центральна стійка		Прямокутна труба 100 × 60 × 3

Результатом перевірки перерізів на міцність, стійкість і жорсткість є експертна колірна схема, сформована в програмному комплексі SCAD++. Зелений колір індикатора свідчить про те, що конструктивні елементи даних перерізів (див. таблицю 2.3) є оптимальними та відповідають усім необхідним умовам перевірки:

Висновок: підібрані профілі та їхні перерізи конструктивних елементів ферми мають такі характеристики, як: міцність, жорсткість та стійкість конструкції кроквяної ферми під час експлуатації.

2.6.2 Розрахунок сталеві колони та підбір перерізів конструктивних елементів

Розрахунок стійки колони проводиться в програмному комплексі SCAD у програмі «Кристал». Для проведення розрахунку необхідно задати довжину колони. Довжина елемента становить 8,4 м.

Схема розрахункової довжини в площині XOY представлена на рисунку 2.13 і дорівнює 0,5.



Рисунок 2.13 - Схема розрахункової довжини в площині XOY

Схема розрахункової довжини в площині XOZ наведена на рисунку 2.14 і дорівнює 0,7.



Рисунок 2.14 - Схема розрахункової довжини в площині XOZ

Підібраним перерізом для сталеві колони є профіль: двотавр колонний (К) (рисунок 2.15).

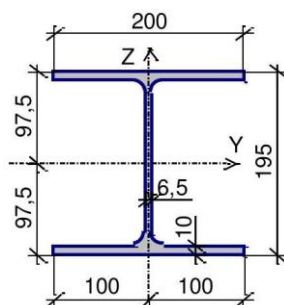


Рисунок 2.15 - Переріз профілю 20К1

Геометричні характеристики профілю 20К1 наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Геометричні характеристики профілю 20К1

Позначення	Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
A	Площа поперечного перерізу	52,82	см ²
α	Кут нахилу головних осей інерції	0	град
I_y	Момент інерції відносно центральної осі Y1, паралельної осі Y	3820	см ⁴
i_y	Радіус інерції відносно осі Y1	8,504	см
I_p	Мінімальний момент інерції	1334	см ⁴
i_p	Мінімальний радіус інерції	5,025	см
P	Периметр	115,468	см

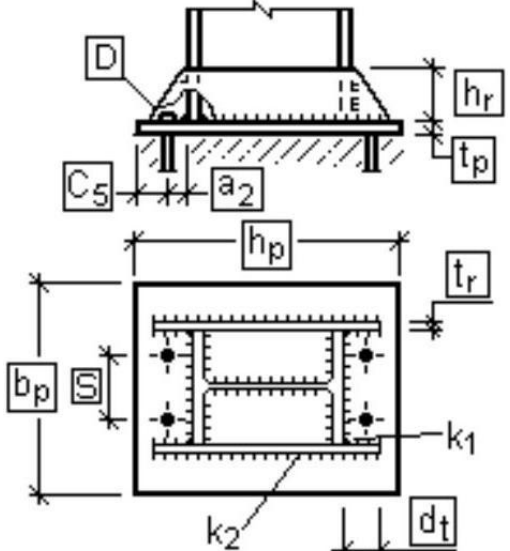
Після задавання всіх необхідних параметрів елемента програмний комплекс здійснює процес підбору перерізу та перевірок, необхідних для підтвердження нормальної експлуатації конструкції в даних умовах (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Результат проведення перевірок

Перевірка	Коефіцієнт використання
Міцність при спільній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без урахування пластичності	0,039
Стійкість при стисненні в площині XOY (XOU)	0,068
Стійкість при стисненні в площині XOZ (XOV)	0,057
Міцність при центральному стисненні/розтягуванні	0,039
Гранична гнучкість у площині XOY	0,514
Гранична гнучкість у площині XOZ	0,425

Розрахунок і підбір перерізів конструктивних елементів основи колони виконано в програмному комплексі SCAD у програмі «Комета-2». Результати підбору геометричних перерізів елементів основи колони наведено в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6 - Геометричні перерізи елементів основи колони

Ескіз	Параметри перерізів
	Анкерні болти діаметром 32 зі сталі Ст3пс4 $h_p = 745$ мм $b_p = 745$ мм $t_p = 16$ мм $h_r = 330$ мм $d_t = 160$ мм $t_r = 8$ мм $S = 200$ мм $C_5 = 40$ мм $a_2 = 40$ мм $k_1 = 6$ мм $k_2 = 8$ мм

Висновок: підібраний переріз стрижня колони та розміри елементів оголовка й основи колони забезпечують міцність, жорсткість і стійкість колони під час експлуатації.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

3.1 Вихідні дані для розрахунку фундаменту

Конструктивне рішення — каркасне.

Висота будівлі—13,9 м. Розміри будівлі в плані— 114 × 33 м. Фундамент — стовпчастий/пальовий. Зовнішні стіни — металеві сендвіч-панелі. Покриття — покрівельні сендвіч-панелі. Дах — двосхилий. Мета: проаналізувати можливі раціональні варіанти влаштування фундаменту тиру:

3.2 Оцінка інженерно-геологічних умов

Будівельний майданчик має рівний рельєф з абсолютною відміткою 235 (рисунок 3.1).

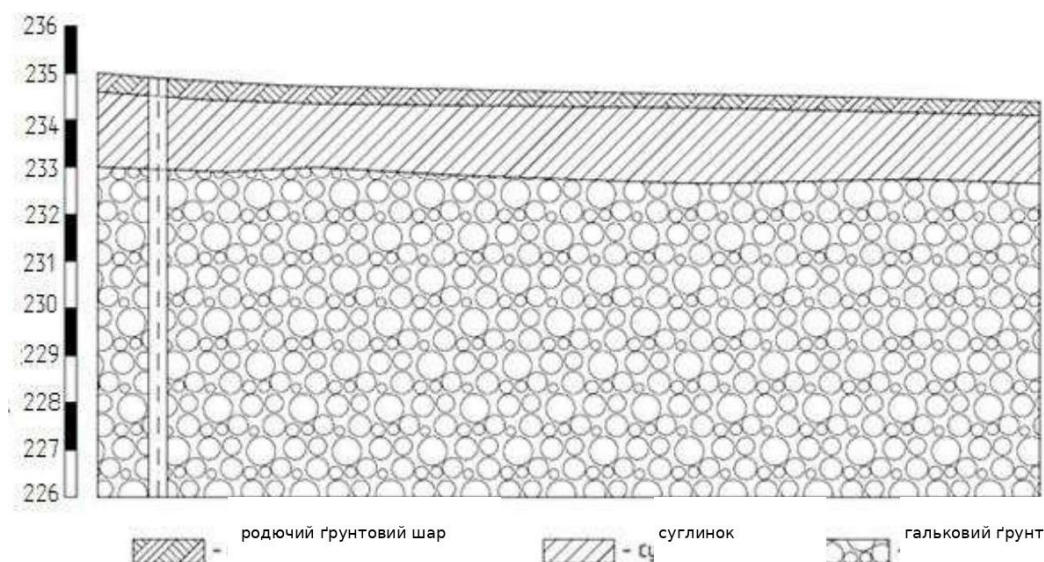


Рисунок 3.1 - Геологічний розріз

Ґрунт складається з таких шарів: 1-й шар: суглинок, товщиною 1,8 м

– густина ґрунту $\rho = 1,72 \text{ т/м}^3$;

– густиною твердих частинок ґрунту $\rho_s = 2,71 \text{ т/м}^3$;

- вологість ґрунту $\omega = 0,26$;
- вологість на межі розкочування $\omega_p = 0,21$;
- вологість на межі текучості $\omega_L = 0,29$.
- 2-й шар: галечник, товщиною 5м
- густиною ґрунту $\rho = 2,16$ т/м³
- густиною твердих частинок ґрунту $\rho_s = 2,69$ т/м³

Суглинка — це пісок із домішками глини. Як правило, її об'єм не перевищує навіть третини від загального об'єму ґрунту.

Суглинка відрізняється високими показниками пучистості. Домішки глини в суглинці значно менші, ніж в інших типах глинистого ґрунту. Найчастіше їх має бути не більше 20% . Ділянки з таким ґрунтом називають пливунами, оскільки вони рухаються під впливом підземних вод.

Галечник — це нецементована осадова порода псефітової структури, уламкова фракція якої представлена переважно галькою, хоча до 10% у може складатися з валунів, гравію, піску та супіску.

Додаткові характеристики ґрунтів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристики ґрунтів.

Найменування	Коефіцієнт пористості E	Питоме зчеплення c_n МПа	Кут внутрішнього внутрішнього тертя j_n -градус	Модуль деформації E , МПа
Суглинок	1	0,024	23	17

Коефіцієнт пористості суглинку: $\rho_d = \frac{\rho}{1+\omega}$

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

$$\rho_d = \frac{1,72}{1 + 0,26} = 1,36 \text{ т/м}^3$$

$$e = \frac{2,71 - 1,36}{1,36} = 0,99 \approx 1$$

Показник текучості суглинку:

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} I_L = \frac{0,26 - 0,21}{0,29 - 0,21} = 0,62$$

3.3 Обґрунтування можливих варіантів фундаменту та їх аналіз, вибір найбільш раціонального рішення

Інженерно-геотехнічний розріз представлено на рисунку 3.2.

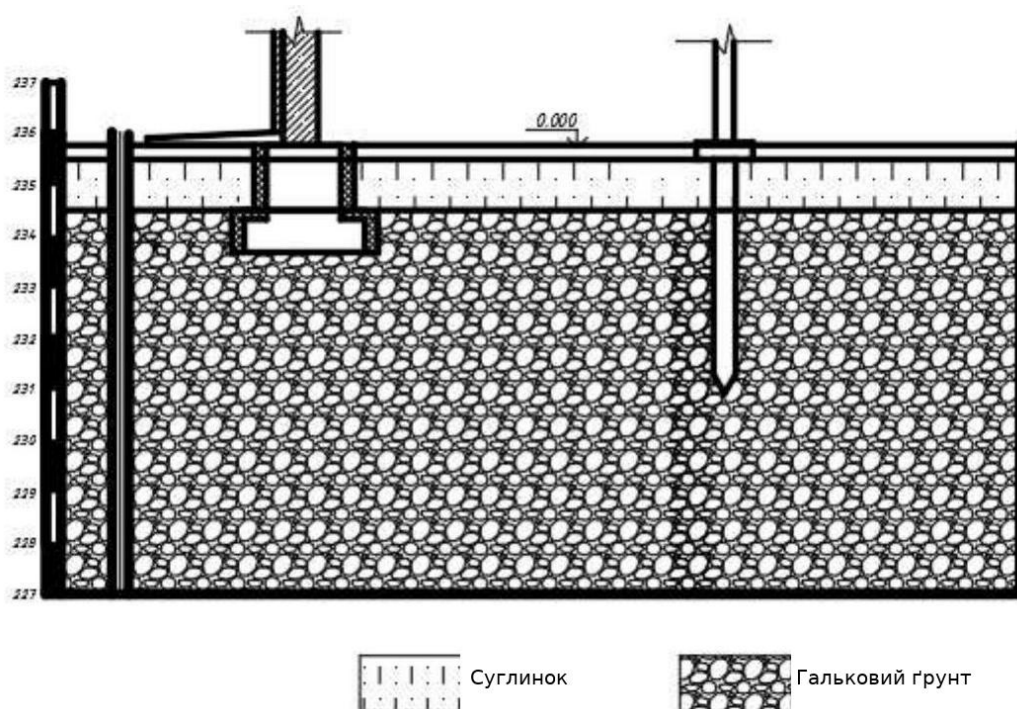


Рисунок 3.2 - Інженерно-геотехнічний розріз

Варіант 1:

Перший варіант фундаментів у даній роботі представлений влаштуванням залізобетонних паль (рисунок 3.2). Цей вид фундаментів має низку позитивних якостей, але є дорогим з точки зору вартості самих паль, а також з точки зору встановлення самих конструкцій у робоче положення. У наведеній геологічній місцевості залізобетонні палі є доцільними, оскільки глибина залягання гальковика становить 2 м, влаштування підвалу не планується, і тим самим залізобетонні палі з глибиною закладення 4 м є раціональним рішенням для даного проєкту (рисунок 3.3).

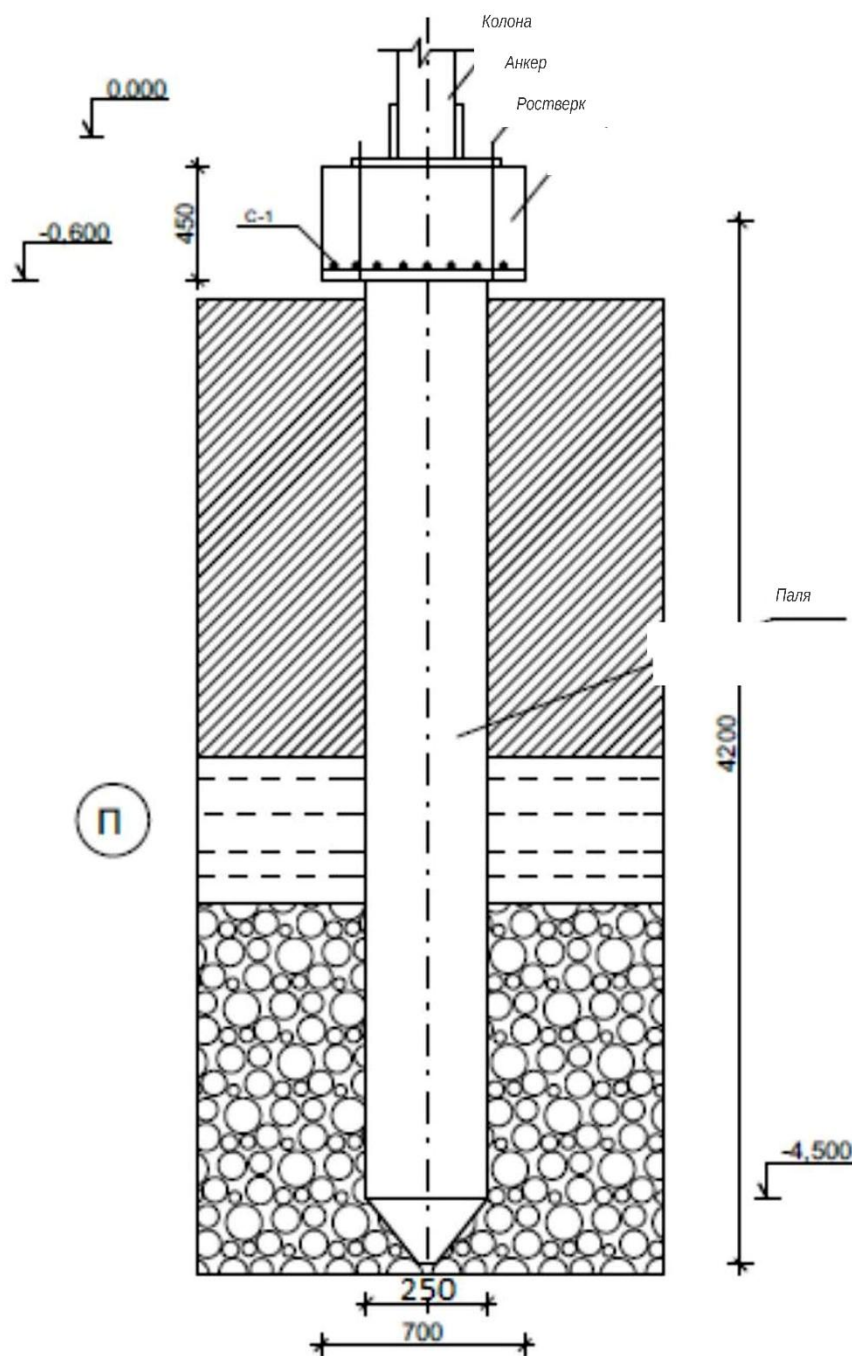


Рисунок 3.3 - Пальовий фундамент

Варіант 2:

Другим варіантом влаштування фундаменту для тиру є стовпчастий фундамент, що спирається на перший шар ґрунту — пілоподібний пісок (рисунок 3.4). Вибір даного фундаменту обумовлений тим, що конструктивна схема тиру є каркасною, а також не планується облаштовувати підвал. Таким чином,

визначаємо глибину закладення фундаменту, рівну 1,5 м, що є оптимальною глибиною закладення фундаменту для даної будівлі.

Вплив нормальних і тангенціальних сил здимування при

3.4 Підбір навантажень

Виконуємо підбір навантаження на позакентрово стиснуту колону тиру. Підбір навантажень наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Сума навантажень на вантажної площі колони

№ позиції	Вид навантаження	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове навантаження, т
1	Постійне навантаження: - сталеві ферми 33 м: $m = 5070$ кг = 5,07 тонни; кількість — 16; $q = 5,07/2 = 2,5$ т.	1,05	2,63
2	- покриття, виконане з покрівельних сендвіч-панелей: $T_{\text{покриття}} = 150$ мм; $S_{\text{покр.}} = 99$ м ² ; Маса 1 м ² = 30 кг $m_{\text{заг}} = 99 \cdot 30 = 2907$ кг=2,9 т.	1,0	2,90
3	- сталеві прогони для листів покриття: (двутавр 16Б2 6 м) $m = 95$ кг; кількість — 14 шт. $m_{\text{заг.}} = 95 \cdot 14 = 1330$ кг = 1,330 т.	1,05	1,40
Разом постійної:			6,93
Тимчасова:			
1	-снігова: $S_{\text{покр.}} = 144$ м ² ; Навантаження на 1 м ² = 102 кг; $q_{\text{сніг}} = 99 \cdot 102 = 10098$ кг10,09 т.	1,2	12, 11
Разом (тимчасова):			19,04
Разом постійна та тимчасова:			19,04

Визначення навантаження на фундамент від власної ваги колони: -сталеві колона: $h_{\text{колони}} = 12,3$ м; $S_{\text{пер}} = 0,016$ м²; $m_{\text{колон}} = 511$ кг 0,51 т; $m_{\text{к.с коеф.н}} = 0,51 \cdot 1,05 = 0,53$ т. Проводимо перерахунок навантаження з тонн у кН:

$$N = q_{\text{розр}} \cdot q \quad (3.2)$$

де $q_{\text{розр}}$ — розрахункове навантаження на фундамент (т/м), визначається за формулою: $q_{\text{розр.к}} + q_{\text{покрит}}$, l — прискорення вільного падіння, яке дорівнює 9,8. У розрахунку приймаємо $10 \text{ (м/с}^2\text{)}$. $N = (0,53 + 19,04) \cdot 10 = 196 \text{ кН}$

3.5 Розрахунок стовпчастого фундаменту

3.5.1 Розрахунок стовпчастого фундаменту на природному ґрунті.

Обґрунтування глибини закладення фундаменту Для влаштування тирю приймаємо незаглиблений стовпчастий фундамент, оскільки в тирі не передбачається влаштування підвалу. Цей варіант може забезпечити ефективну роботу самої конструкції, а також зменшити витрату матеріалів на влаштування фундаменту. Малозаглиблений фундамент укладається на глибину до 3,40м.

Розрахунок стовпчастого фундаменту Розрахунок міцності стовпчастих фундаментів включає визначення розмірів плитної частини, визначення розмірів ступенів, визначення перерізу арматури плитної частини. Розрахунок за другою групою граничних станів включає розрахунок щодо утворення та розкриття тріщин).

Попередньо визначаємо площу основи фундаменту. Попередні розміри фундаменту визначаємо за [25]:

$$A = \frac{N}{R_0 - y \cdot d} \quad (3.2)$$

N — вертикальне навантаження від колони, що дорівнює 196 кН (п. 3.1);

d — глибина закладення фундаменту;

y — середнє значення питомої ваги фундаменту та ґрунту на його обрізах, яке попередньо приймається за $y = 20 \text{ кН/м}^3$;

R_0 - розрахунковий опір ґрунту, призначений для попереднього розрахунку (таблиця В. 3 [2]).

$$A = \frac{196}{138 - 20 \cdot 1,5} = 1,8 \text{ м}^2$$

Оскільки фундамент є позакентрово стиснутим, то отримане значення площі множимо на 1,20; тоді $A = 1,8 \cdot 1,20 = 2,20 \text{ м}^2$. Приймаємо фундамент монолітного типу та визначаємо ширину подушки, що дорівнює $1,5 \times 1,5 \text{ м}$ (рисунок 3.5, 3.6).

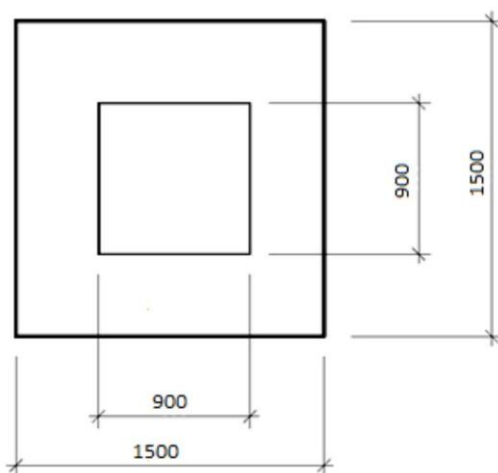


Рисунок 3.5 - Геометричні параметри стовпчастого фундаменту

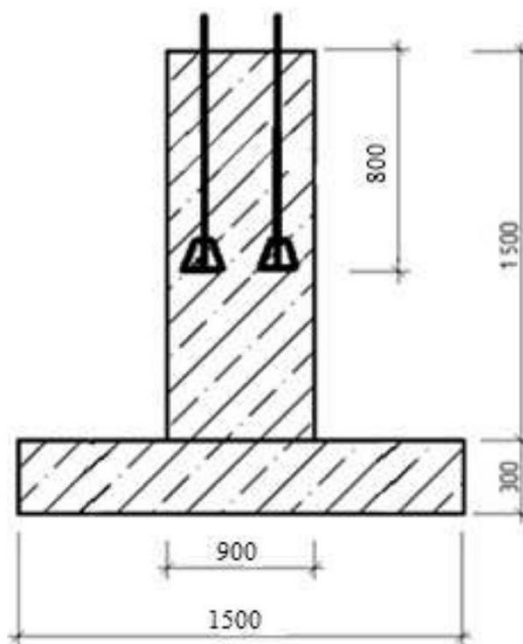


Рисунок 3.6 - Геометричні параметри стовпчастого фундаменту

Для суглинку з коефіцієнтом пористості $e = 1$, екстраполюючи за [25], знаходимо $\varphi_n = 18^\circ$ та $c_n = 0,032$ МПа, а інтерполюючи за q_{II} за [25] знаходимо значення характеристик:

$$M_\gamma = 0,43$$

$$M_q = 2,73$$

$$M_c = 5,31$$

Співвідношення $L/H = 133/33 = 4,03$. За таблицею 5.4 визначаємо значення $\gamma_{c1} = 1,1$ та значення $\gamma_{c2} = 1$. Оскільки q_{II} та c_{II} визначили опосередковано, приймаємо $k = 1,1$.

Визначення розрахункового опору ґрунту фундаменту за формулою 3 [3].

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}), \quad (3.3)$$

Де γ_{c1}, γ_{c2} — коефіцієнти умов роботи відповідно ґрунтового фундаменту та будівлі або споруди у взаємодії з фундаментом; k — коефіцієнт ($k = 1,1$, якщо характеристики φ_{II} та c_{II} отримано за непрямыми даними); M_γ, M_q, M_c - безрозмірні

коефіцієнти, що залежать від кута внутрішнього тертя; k_z – коефіцієнт, що приймається рівним 1; b - менша ширина (сторона) подошви фундаменту; $\beta\gamma_{II}$ - коефіцієнт, що враховує меншу питому вагу ґрунту порівняно з питомою вагою матеріалу фундаменту γ_m (у практичних розрахунках приймають $\gamma_m = 20 \text{ кН/м}^3$); d_1 - глибина закладення фундаменту; c_{II} - розрахункове питоме зчеплення ґрунту;

$$R = \frac{1,1 \cdot 1}{1,1} \cdot (0,43 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 14,9 + 2,73 \cdot 1,5 \cdot 23,1 + 5,31 \cdot 2,4) = 119 \text{ кПа}$$

Визначення ваги фундаменту:

$$G_f = (1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 2,4 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 2,4) \cdot 10 = 76,5 \text{ кН}$$

Визначення ваги ґрунту на обрізах фундаменту:

$$G_g = (1,5 - 0,73) \cdot 1,71 = 16,89 \text{ кН}$$

Визначення середнього тиску під подошвою фундаменту:

$$p_{cp} = \frac{N}{A} \quad (3.4)$$

$$p_{cp} = \frac{196 + 76,5 + 16,89}{1,5 \cdot 1,5} = 139,7 \text{ кПа}$$

$$R = \frac{1,1 \cdot 1}{1,1} \cdot (0,43 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 14,9 + 2,73 \cdot 1,5 \cdot 23,1 + 5,31 \cdot 2,4) = 117,1 \text{ кПа}$$

Визначення ваги фундаменту:

$$G_f = (1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 2,4 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 2,4) \cdot 10 = 27,2 \text{ кН}$$

Визначення ваги ґрунту на обрізах фундаменту:

$$G_g = (1,5 - 0,36) \cdot 1,71 = 1,94 \text{ кН}$$

Визначення середнього тиску під подошвою фундаменту:

$$p_{cp} = \frac{N}{A} \quad (3.5)$$

$$p_{сер} = \frac{196 + 27,2 + 1,94}{1,5 \cdot 1,5} = 66 \text{ кПа}$$

Умова: $100 \text{ кПа} < 117,1 \text{ кПа}$ Умова $p_{\text{сер}} \leq R$ виконується. Отже, остаточно приймаємо для фундаменту під колону монолітну плиту розміром $1,5 \times 1,5$ м. Бетон класу В20 приймаємо як матеріал для фундаменту.

3.5.2 Розрахунок утеплювача для стовпчастого фундаменту

$$R = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} \quad (3.6)$$

R — опір теплопередачі для конкретного регіону.

H_1 — товщина фундаменту; λ_1 - коефіцієнт теплопровідності матеріалу фундаменту; H_2 — товщина утеплювача (пінополістирол); λ_2 - коефіцієнт теплопровідності пінополістиролу. Якщо ми збираємося утеплювати залізобетонний фундамент ($\lambda = 1,69 \text{ Вт/м} \cdot \text{°K}$) шириною 900 мм (0,9 м), то отримуємо: $3,2 = 0,9/1,69 + H_2/0,032$; $3,2 = 0,6 + H_2/0,032$; $2,96 = H_2/0,032$; $H_2 = 0,1647$ м. Це приблизно 165 мм. Отже, виходить, що для утеплення фундаменту товщиною 900 мм знадобиться пінополістирол шаром 170 мм. Але оскільки

3.5.3 Розрахунок пальового фундаменту

Матеріал ростверку — бетон класу В25 з розрахунковим опором осьовому розтягуванню $R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}$. Підшва ростверку знаходиться вище рівня поверхні землі. Палі навантажують за допомогою забивання дизельним молотом.

Проектуємо паливий фундамент із збірних залізобетонних паль марки С4 — 30, довжиною $L = 4$ м, розміром поперечного перерізу $0,3 \times 0,3$ м. Палі занурюють за допомогою забивання дизель-молотом.

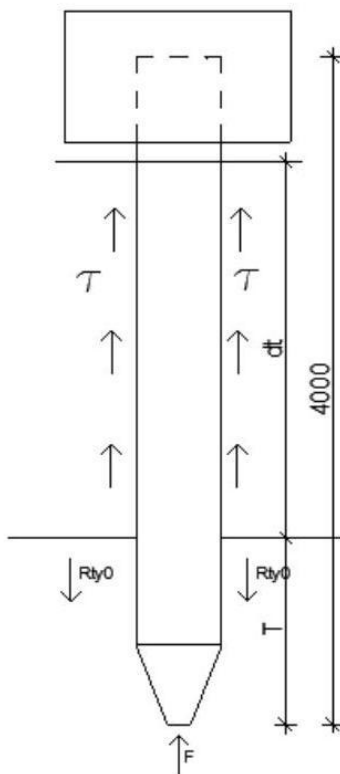


Рисунок 3.7 - Розрахункова схема пальового фундаменту

Площа поперечного перерізу палі $A = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$, периметр палі $u = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ м}$.

За [25] при глибині занурення палі 4 м для гальковика знайдемо розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі $R = 7,5 \text{ МПа}$.

Для палі, що забиваються за допомогою дизель-молотів, знайдемо значення коефіцієнта умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі $\gamma_{cR} = 1$ та по бічній поверхні $\gamma_{cf} = 0,9$.

Розрахунковий опір піску по бічній поверхні палі визначимо, використовуючи табл. 7.2 [30]:

$$f_1 = 0.035 \text{ МПа при } h_1 = 2 \text{ м}$$

$$f_2 = 0.042 \text{ МПа при } h_2 = 3 \text{ м}$$

Розрахункове навантаження, допустиме на палю по ґрунту, становитиме:

$$N \leq F_d / \gamma_g = F \quad (3.8)$$

де N — розрахункове навантаження, що передається на палю; F_d - розрахункова несуча здатність ґрунту фундаменту одиночної палі; γ_g - коефіцієнт надійності (приймають 1,4) F — розрахункове навантаження, що допускається на палю $N \leq \frac{0,88}{1,4} = 0,63 \text{ МН}$

Відповідно до конструктивних вимог визначимо крок паль, прийнявши його в $a = 3b = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ м}$.

Визначимо необхідну кількість паль:

$$n = \frac{\gamma_g N}{F_d} \quad (3.9)$$

Де γ_g — коефіцієнт надійності, дорівнює 1,4; F_d - найменша несуча здатність однієї палі; N — розрахункове навантаження

$$n = \frac{1,4 \cdot 0,196}{0,88} = 0,18$$

Остаточно приймемо кількість паль у фундаменті рівною 1 і розмістимо їх по центру ростверку.

Знайдемо товщину ростверку:

$$h_p = \frac{-b}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + \frac{N_1}{R_{bt}}} \quad (3.10)$$

де b — ширина або діаметр палі чи конструкції, що підтримується; N_1 - зусилля, що припадає на одну палю R_{bt} - розрахунковий опір бетону осьовому розтягуванню

$$h_p = \frac{-0,3}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{0,3^2 + \frac{0,63}{1,05}} = 0,44 \text{ м}$$

Згідно з конструктивними вимогами висота ростверку повинна бути не менше $h_p = 0,05 + 0,25 = 0,3$, отже, остаточно приймаємо $h_p = 0,45$ м.

Відстань від краю ростверку до зовнішньої сторони палі відповідно до конструктивних вимог призначимо $l_p = 0,3 \cdot 45 + 5 = 18,5$ см, остаточно приймемо її кратною 5 см, отже, $l_p = 20$ см.

Визначення ваги ростверку:

$$G_p = 1,1 \cdot 0,025 \cdot 0,45 \cdot 2,3 \cdot 2,3 = 0,065 \text{ МН} \quad (3.11)$$

Визначимо навантаження, що припадає на одну палю:

$$F = (N_I + G_{pI})/n \quad (3.12)$$

де G_{pI} — вага ростверку; N_I - зусилля, що припадає на одну палю

$$F = \frac{0,196 + 0,063}{1} = 0,259 \text{ МПа} < 1,38 \text{ МПа}$$

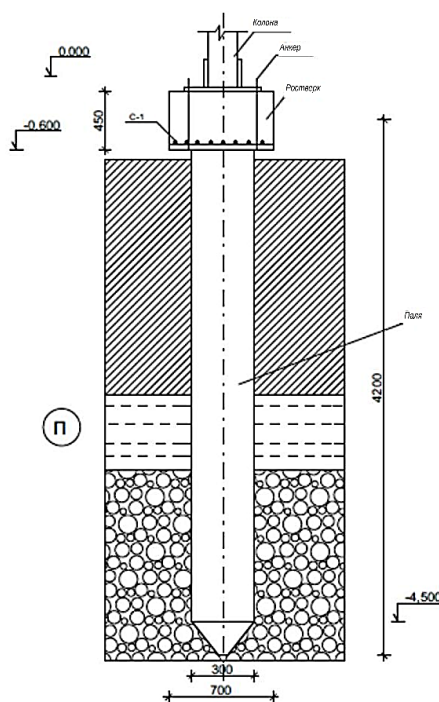


Рисунок 3.8 - Схема пальового фундаменту

За [2] для ґрунту першого шару піску з коефіцієнтом пористості $e = 75$, інтерполуючи, знайдемо значення кута внутрішнього тертя $\varphi_I = 16^\circ$.

За [2] визначимо усереднений кут внутрішнього тертя ґрунтів, що прорізаються палєю:

$$\alpha = \frac{1}{4} \cdot \frac{\varphi_I \cdot W_I}{W_I} = \frac{1}{4} \cdot \frac{16 \cdot 2}{2} = 4^\circ \quad (3.13)$$

Визначимо відхилення палі, необхідне для контролю несучої здатності палі:

$$e = \frac{\eta \cdot A \cdot E_d}{F_d \cdot (F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + E^2 \cdot m_2}{m_1 \cdot m_2} \quad (3.14)$$

де η - коефіцієнт, який приймається рівним 1500 кН/м^2 A — площа поперечного перерізу палі, $A = 0,09 \text{ м}^2$, E_d — розрахункова енергія удару молота, $E_d = 32 \text{ кДж}$. m_1 — повна маса молота, $m_1 = 35 \text{ кН}$, m_2 - вага палі з наголовником, $m_2 = 18,3 \text{ кН}$ E - коефіцієнт відновлення енергії удару, $E = 0,2$ F_d - несуча здатність палі, $F_d = 440,3 \text{ кН}$ $e = \frac{1500 \cdot 0,09 \cdot 32}{440,3 \cdot (440,3 + 1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{35 + 0,2^2 \cdot 6,9}{35 \cdot 6,9} = 0,235 \text{ м} = 0,0009469 \text{ мм} = 0,946 \text{ м}$.

Проведено аналіз, а також розрахунок варіантів стовпчастого та пальового фундаменту. Отже, для будівлі тиру раціональнішим буде стовпчастий фундамент на природному ґрунті, ніж пальовий, оскільки геологічні умови даної місцевості відповідають його проєктуванню. А також тимчасові та економічні витрати будуть набагато меншими.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи з охорони праці та техніки безпеки

Повинен бути організований постійний контроль працівниками справності обладнання, пристосувань, інструменту, перевірка наявності та цілісності огорож, захисного заземлення та інших засобів захисту до початку робіт і в процесі роботи на робочих місцях згідно з інструкціями з охорони праці;

При виявленні порушень норм і правил охорони праці працівники повинні вжити заходів для їх усунення власними силами, а в разі неможливості цього припинити роботи та поінформувати посадову особу.

У разі виникнення загрози безпеці та здоров'ю працівників відповідальні особи зобов'язані припинити роботи та вжити заходів щодо усунення небезпеки, а за необхідності забезпечити евакуацію людей у безпечне місце.

Відповідно до законодавства на роботах зі шкідливими та (або) небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням, роботодавець зобов'язаний безкоштовно забезпечити видачу сертифікованих засобів індивідуального захисту.

Проїзди, проходи на виробничих територіях, а також проходи до робочих місць і на робочих місцях повинні утримуватися в чистоті та порядку, очищатися від сміття та снігу, не захащуватися матеріалами та конструкціями, що складаються.

Місця проходу людей у межах небезпечних зон повинні мати захисні огорожі. Входи до будівель (споруд), що споруджуються, повинні бути захищені зверху козирком шириною не менше 2 м від стіни будівлі.

У місцях переходу через траншеї, ями, канави повинні бути встановлені перехідні містки шириною не менше 1 м, огорожені з обох боків поручнями висотою не менше 1,1 м, із суцільною обшивкою внизу на висоту 0,15 м та з додатковою огорожувальною планкою на висоті 0,5 м від настилу.

На виробничих територіях, ділянках робіт і робочих місцях працівники повинні бути забезпечені питною водою, якість якої має відповідати санітарним вимогам.

Будівельні майданчики, ділянки робіт і робочі місця, проїзди та підходи до них у темний час доби повинні бути освітлені відповідно до вимог державних стандартів. Небезпечні зони, вхід до яких заборонено особам, не пов'язаним з даним видом робіт, огорожуються та позначаються. Тимчасові адміністративно-господарські та побутові будівлі та споруди розміщені поза небезпечною зоною від роботи монтажного крана.

Туалети розміщені таким чином, що відстань від найвіддаленішого місця поза будівлею не перевищує 200 м. Питні установки розміщені на відстані, що не перевищує 75 м від робочих місць. Позначено місця для куріння та розміщено пожежні пости, обладнані інвентарем для пожежогасіння.

4.2 Заходи щодо охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів

Передбачити заходи, що забезпечують збір та вивезення будівельного сміття, очищення виробничих та побутових стоків, охорону

наявних на майданчику дерев і чагарників, захист ґрунту схилів від розмивання, запобігання загазованості повітря.

Передбачається встановлення меж будівельного майданчика, що забезпечує максимальне збереження за межами території будівництва дерев, чагарників, трав'яного покриву. Унеможлиблюється безладний та неорганізований рух будівельної техніки та автотранспорту. Тимчасові автомобільні дороги та інші під'їзні шляхи облаштовуються з урахуванням вимог щодо запобігання пошкодженню деревно-чагарникової рослинності.

Бетонна суміш та будівельні розчини зберігаються у спеціальних ємностях. Організуються місця, на яких встановлюються ємності для сміття.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи розроблено проєкт будівлі для спортивної стрільби, що поєднує спортивне, навчальне, адміністративне та допоміжне призначення. Прийняті рішення орієнтовані на безпечне проведення тренувань і занять, раціональне розміщення функціональних зон, належні умови для відвідувачів і персоналу, а також надійну експлуатацію несучих конструкцій.

Запроєктований об'єкт має різноповерхову структуру без підвалу та складається з двох частин. Одноповерховий спортивний блок включає тир для стрільби з лука, бігові доріжки та зону для стрибків у довжину. Для виключення небезпечного виходу стріл за межі стрілецької зони передбачено захисну сітку. Триповерхова частина об'єднує приміщення адміністративного, навчального, санітарно-побутового й технічного призначення, тренажерний зал, балкон із трибунами, тир для стрільби з пневматичної зброї, приміщення для зберігання та очищення зброї й спорядження.

Генеральним планом передбачено зручний під'їзд до будівлі, автостоянку на 20 машиномісць, трансформаторну підстанцію, рекреаційну зону, тверді покриття та озеленення території. Планування ділянки забезпечує організований рух транспорту й пішоходів, можливість протипожежного обслуговування та формування благоустроєного середовища для спортсменів, працівників і відвідувачів.

Архітектурно-планувальне рішення сформовано з урахуванням специфіки спортивного об'єкта. Передбачено окремі входи, зручний зв'язок між поверхами через сходові клітки, розмежування спортивних, навчальних, адміністративних і технічних приміщень. Прийняте функціональне зонування унеможливорює небажане перетинання потоків відвідувачів, спортсменів, персоналу та працівників, відповідальних за зберігання інвентарю і зброї.

Конструктивне рішення будівлі є комбінованим. Для одноповерхового спортивного блоку застосовано сталевий каркас із металевих колон, кроквяних

ферм трубчастого перерізу, прогонів і системи зв'язків. Триповерхову адміністративно-допоміжну частину запроектовано з монолітним залізобетонним каркасом, залізобетонними колонами та монолітними перекриттями. Між різновисотними частинами будівлі передбачено деформаційний шов, що дає змогу забезпечити їх незалежну роботу за температурних і силових впливів.

Зовнішні стіни та покриття прийнято із сендвіч-панелей, що поєднують огорожувальну й теплоізоляційну функції. Для цокольної частини передбачено облицювання керамогранітом, а внутрішнє оздоблення вибрано відповідно до призначення приміщень. У санітарних вузлах і душових передбачено керамічне облицювання та гідроізоляцію, що захищає несучі конструкції від зволоження. Віконні заповнення з ПВХ-профілів і двокамерних склопакетів сприяють природному освітленню приміщень та зменшенню тепловтрат.

Виконані теплотехнічні розрахунки зовнішніх стін і покриття підтвердили доцільність прийнятих утеплених сендвіч-панелей. Їхній приведений опір теплопередачі відповідає необхідним значенням для умов експлуатації об'єкта, що створює передумови для енергоефективного використання будівлі в опалювальний період.

У проєкті розроблено заходи протипожежного захисту. Вони включають нормативну кількість евакуаційних виходів, протипожежні перешкоди, системи автоматичної пожежної сигналізації, оповіщення та керування евакуацією, первинні засоби пожежогасіння. Таке поєднання планувальних, конструктивних та інженерних заходів спрямоване на своєчасне виявлення пожежі, безпечну евакуацію людей і стримування поширення вогню.

Розрахунково-конструктивна частина містить визначення постійних, снігових і вітрових навантажень на елементи сталевих каркаса. Розрахунок металевої кроквяної ферми та колони виконано методом кінцевих елементів у програмному комплексі SCAD++. За отриманими зусиллями здійснено підбір перерізів поясів, розкосів, стійок, прогонів і колон, а також перевірено їх міцність,

стійкість і жорсткість. Прийняті профілі забезпечують працездатність елементів у складі покриття та каркаса спортивного блоку.

У розділі основ і фундаментів проаналізовано інженерно-геологічні умови ділянки та розглянуто два варіанти фундаментного рішення: стовпчастий фундамент на природній основі й пальовий фундамент. Для кожного варіанта виконано збір навантажень, визначено параметри основи та конструктивні характеристики фундаментів. Прийняте фундаментне рішення забезпечує передавання навантажень від сталевих колон на ґрунтову основу та створює необхідні умови для стійкої роботи будівлі.

Заходи з охорони праці охоплюють безпечну організацію будівельного майданчика, застосування справних машин, механізмів та інструментів, використання засобів індивідуального захисту, огороження небезпечних зон і дотримання правил виконання монтажних, вантажно-розвантажувальних та земляних робіт. Окремо розглянуто вимоги щодо збереження природних ресурсів, запобігання забрудненню території та належного поводження з будівельними відходами.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006 (зі змінами №1, чинними з 01.06.2020). – 68 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 (чинний з 01.11.2011)
4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування.
5. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталезалізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 83 с.
7. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 96 с
8. Биків, Н. З. (2020). Застосування сплавів з пам’яттю форми для підвищення стійкості конструкцій при динамічних навантаженнях. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 1, 26-26.
9. Гудь, М. І., & Гиря, П. В. Властивості полімербетонів. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-28.
10. ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві холодногнуті. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.
11. Hud, M., Pyndus, T., & Senchyshyn, V. (2026). Estimation of eigenfrequencies of oscillations of a one-storey industrial building on the basis of numerical modelling. *Procedia Structural Integrity*, 81, 417-421.
12. Hud, M., Chornomaz, N., & Meshcheryakova, O. (2026). Finite element simulation of the dynamic characteristics of a high-rise frame building considering

variations in storey materials. *Procedia Structural Integrity*, 81, 372-376.

13. Hud, M. (2026). Finite element modelling of natural vibrations of a frame building with an asymmetric plan. *Procedia Structural Integrity*, 81, 486-492.

14. Закон України "Про пожежну безпеку". – Київ: Верховна Рада України, 1993.

15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

16. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 96 с.

18. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Мінрегіон, 2021.

19. ДСТУ Б В.2.2-29:2011 Будинки і споруди. Будівлі підприємств. Параметри.

20. ДСТУ Б В.2.7-233:2010 Будівельні матеріали. Склопакети клеєні. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 38 с.

21. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2021 (чинний з 01.09.2022). – 23 с.

22. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні характеристики вікон, дверей та віконниць. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальна методика. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 37 с.

23. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель з урахуванням якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). – К.: Мінрегіон України, 2011. – 72 с.

24. ДБН В.2.6-31:2016. Покриття підлог. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2016.

25. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд / Мінрегіонбуд України. — Київ: ДП «ДНДІБК», 2018. — Чинний з 01.01.2019.

26. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.

27. ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні забивні. Конструкція і розміри. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

28. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. — 64 с.

29. Ясній, В. П., & Микитишин, Т. (3.7). Вплив форми та розміру зразків на міцність бетону за стиску. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 111(3.8), 97-105.

30. Гудь, М. І., & Попович, М. З. (2024). Дослідження оптимальних параметрів залізобетонних конструкцій споруд подвійного призначення. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “*, 60-61.

31. Хартей, Е. Е., & Гудь, М. І. (2022). Озелення фасадів багатоповерхових житлових будинків. *Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання"*, 17-18.

32. Гудь, М. І., & Юркевич, О. М. (2024). Бетони на основі епоксидних смол. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “*, 27-27.

33. Семчук, А. А., Крамар, Г. М., & Гудь, М. І. (2022). Моделювання роботи залізобетонного каркасу громадської будівлі при багатофакторному розрахунку. *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій “*, 51-53.

34. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. — Київ: Мінрегіон України, 2009. — 38 с.

35. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. — 50 с.