МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: **«Фізкультурно-оздоровчий комплекс у Хортицькому районі м.Запоріжжя»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1922-мбг
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійної програми «Міське будівництво та господарство»
Д.О. Івахно

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і архітектури, к.т.н. **С.В. Ільїн**

Рецензент: професор кафедри промислового та цивільного будівництва, д.т.н. **В. А. Банах**

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

«09» 12 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Івахно Дмитру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. **Тема роботи** «Фізкультурно-оздоровчий комплекс у Хортицькому районі м.Запоріжжя»

керівник роботи ***Ільїн Сергій Віталійович***, *доцент кафедри міського будівництва і архітектури, кандидат технічних наук*
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «23» грудня *2025* року № 1932-с

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Вступ. Місце будівництва та характеристика об'єкту будівництва. Архітектурно-будівельні рішення. Конструктивні-рішення. Об'ємно-планувальні рішення. Інженерне обладнання. Прийоми благоустрою та озеленення. Функціональне зонування території. Інженерна підготовка території. Список літератури.

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

1. Архітектура.
2. Будівельні конструкції.
3. Інженерна підготовка територій.

Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (обов'язкових креслень)

1. План 1-го поверху, вузли 1, 2, 3, експлікація приміщень.
2. Фасад 1 - 17, Фасад У - А, розріз 1 – 1.
3. План 2-го поверху, розріз 2 - 2, план покрівлі, експлікація приміщень, експлікація підлог.
4. Розрахункова схема ферми СФ-1, вузли 1, 2, 3, 4, 5, 6. Специфікація.
5. План благоустрою М 1:400. Роза ветрів. Специфікація зелених насаджень. Експлікація будівель і споруд.
6. Схема вертикального планування М 1:400, Умовні позначення. Розріз 1 - 1, 2 - 2, Конструкції покриття.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Ільїн С.В.,к.т.н., доцент		
2	Ільїн С.В.,к.т.н., доцент		
3	Ільїн С.В.,к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 11.03.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1.	Архітектурні рішення	5 травня	
2.	Конструктивні рішення	10 травня	
3.	Інженерна підготовка територій	20 травня	
4.	Оформлення і нормоконтроль кваліфікаційної роботи	1 липня	
5.	Рецензування кваліфікаційної роботи	5 липня	
6.	Попередній захист	10 липня	
7.	Захист кваліфікаційної роботи	18 липня	

Студент _____ (підпис) Д.О. Івахно (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ (підпис) С.В. Ільїн (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) І.В. Гребенюк (ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП …… 5
1 АРХІТЕКТУРА ……... 7
1.1 Природно-кліматичні умови будівництва…….. 7
1.2 Об'ємно-планувальні рішення ……... 8
1.3 Конструктивні рішення …….. 10
1.3.1 Забезпечення жорсткості та стійкості……. 10
1.3.2 Фундаменти…….. 11
1.3.3 Стіни і перегородки ……. 11
1.3.4 Несучі елементи каркаса…….. 12
1.3.5 Покриття ……... 13
1.3.6 Вікна і двері …….. 14
1.3.7 Сходи ……. 15
1.4 Архітектурно-худлжнє рішення……... 16
1.5 Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій…… 17
1.5.1 Теплотехнічний розрахунок стіни …….. 17
1.6 Санітарно-технічне та інженерне устаткування будівлі ……... 19
1.7 Протипожежні заходи …… 21
1.8 Техніко-економічні показники …….. 23
2 БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ……... 24
2.1 Конструктивні рішення ……... 24
2.2 Розрахунок кроквяної ферми СФ1 ……. 25
2.2.1 Навантаження на ферму …….. 25
2.2.2 Розрахунок верхнього поясу ферми ……... 28
2.2.3 Розрахунок нижнього поясу ферми ……... 29
2.2.4 Розрахунок розкосів ……. 30
2.2.5 Розрахунок зварних швів прикріплення стрижнів ферми …….. 31

2.2.6 Проєктування вузлів ферми …… 34
3 ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЇ …….. 45
3.1 Інженерний благоустрій території……. 45
3.2 Функціональне зонування території ……. 46
3.3 Специфікація зелених насаджень …….. 49
3.4 Конструкція дорожнього одягу та покриттів ……... 51
3.5 Висотна прив'язка будівлі …….. 52
3.6 Інженерні мережі …….. 54
ВИСНОВКИ ……... 56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ……... 57

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку суспільства особливого значення набуває формування здорового способу життя населення, підвищення рівня фізичної активності та створення комфортного середовища для занять спортом і відпочинку. Одним із важливих напрямів розвитку міської інфраструктури є будівництво сучасних фізкультурно-оздоровчих комплексів, які забезпечують умови для занять фізичною культурою, проведення спортивних заходів, активного дозвілля та оздоровлення населення різних вікових категорій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи обумовлена необхідністю розвитку спортивно-оздоровчої інфраструктури у Хортицькому районі міста Запоріжжя, де спостерігається потреба у створенні сучасного багатофункціонального комплексу для занять спортом, фізичної реабілітації та організації дозвілля населення. Проєктований фізкультурно-оздоровчий комплекс повинен стати важливим громадським осередком району, сприяти популяризації здорового способу життя та забезпечити комфортні умови для проведення тренувань, змагань і рекреаційного відпочинку.

Під час проєктування особлива увага приділяється функціонально-планувальній організації будівлі, забезпеченню зручних зв’язків між приміщеннями, створенню безбар’єрного середовища та дотриманню сучасних вимог енергоефективності й екологічності. Архітектурно-планувальне рішення комплексу формується з урахуванням містобудівної ситуації, природно-кліматичних умов м. Запоріжжя та потреб мешканців району.

Проєкт передбачає створення сучасного спортивного середовища з універсальними залами для фізкультурно-оздоровчих занять, тренажерними приміщеннями, допоміжними та адміністративно-побутовими зонами, а

також благоустроєм прилеглої території. Важливим аспектом є організація комфортного та безпечного простору для всіх категорій та віку населення.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєкту фізкультурно-оздоровчого комплексу у Хортицькому районі м. Запоріжжя, який відповідатиме сучасним вимогам функціональності, естетичності, енергоефективності та містобудівної доцільності.

Основними завданнями роботи є:

– аналіз містобудівних та природно-кліматичних умов ділянки проєктування;

– розробка функціонально-планувального та об’ємно-просторового рішення будівлі;

– забезпечення нормативних вимог щодо безпеки, інклюзивності та енергоефективності;

- розробка рішень благоустрою та озеленення території;
- підбір сучасних конструктивних та оздоблювальних матеріалів.

Результатом моє кваліфікаційної роботи є проєкт сучасного фізкультурно-оздоровчого комплексу, спрямованого на підвищення якості міського середовища та створення умов для активного способу життя населення Хортицького району м. Запоріжжя.

1 АРХІТЕКТУРА

1.1 Природно-кліматичні умови будівництва

Під час проєктування фізкультурно-оздоровчого комплексу враховуються природно-кліматичні умови району будівництва, які мають значний вплив на вибір конструктивних рішень, матеріалів, параметрів огороджувальних конструкцій та інженерного забезпечення будівлі.

Відповідно до вимог нормативних документів [1, 2] для району будівництва – м.Запоріжжя прийнято такі розрахункові кліматичні параметри:

– район будівництва за сніговим навантаженням – III, нормативне снігове навантаження становить 1,34 кПа (134 кг/м²);

– район за вітровим навантаженням – III, нормативне вітрове навантаження становить 0,47 кПа (47 кг/м²);

– нормативна глибина промерзання ґрунту – 0,9 м;

– сейсмічність майданчика будівництва – 5 балів.

Клімат району будівництва помірно континентальний, характеризується спекотним літом та відносно м’якою зимою з нестійким сніговим покривом. Середньорічна температура повітря становить близько +9…+10 °С. Найхолоднішим місяцем є січень, а найтеплішим – липень. Переважаючими напрямками вітру є північно-західний та східний.

Інженерно-геологічні та кліматичні умови району сприятливі для будівництва громадських будівель. Прийняті кліматичні показники враховуються при розрахунку несучих конструкцій, визначенні товщини теплоізоляційних шарів, проєктуванні фундаментів та виборі конструктивної схеми будівлі.

1.2 Об’ємно-планувальне рішення

Об’ємно-планувальне рішення фізкультурно-оздоровчого комплексу розроблено відповідно до функціонального призначення будівлі, вимог нормативних документів та сучасних принципів організації спортивно-оздоровчих споруд [3]. Будівля запроєктована двоповерховою та складається з трьох функціонально взаємопов’язаних блоків, що забезпечують чітке зонування приміщень і комфортне пересування відвідувачів та персоналу.

Габаритні розміри будівлі в осях становлять:

у напрямку А–Р – 60,9 м;

у напрямку 1–10 – 54,0 м.

Планувальна структура будівлі забезпечує раціональний взаємозв’язок між основними, допоміжними та адміністративними приміщеннями, а також створює комфортні умови для проведення спортивних і оздоровчих заходів.

Перший блок є адміністративно-вхідною частиною комплексу та включає приміщення громадського й службового призначення. До його складу входять:

– вестибюль площею 52,8 м², розрахований із урахуванням нормативної площі не менше 0,5 м² на одного відвідувача;

– гардероб верхнього одягу площею 18 м², розрахований на 200 % чисельності зміни;

– медичний пункт площею 18,92 м² із очікувальною площею 13,2 м²;

– кабінет директора площею 28,58 м²;

– кабінет заступника площею 17,78 м²;

– приймальня площею 14,16 м².

Блок є одноповерховим, висота до низу несучих конструкцій становить 3,0 м. Планувальне рішення адміністративної частини забезпечує зручний доступ до основних функціональних зон комплексу та комфортні умови для роботи персоналу.

Другий блок призначений для проведення спортивно-оздоровчих занять і включає універсальний спортивний зал площею 754,38 м². У складі блоку передбачено:

– роздягальні площею 47,60 м² на 40 місць для переодягання;

– душові площею 21,13 м² на 8 душових сіток;

– тренерську площею 16,23 м²;

– інвентарну кімнату площею 23,60 м²;

– кімнату персоналу площею 16,23 м².

Блок запроєктовано одноповерховим із висотою до низу несучих конструкцій 8,4 м, що забезпечує можливість проведення різних видів спортивних занять та змагань. Розміри блоку становлять 42×24 м. Просторове рішення спортивного залу створює умови для природного освітлення, вільної організації внутрішнього простору та комфортного перебування користувачів.

Третій блок є двоповерховим та включає приміщення басейну й зону відпочинку.

На другому поверсі розташовано:

– плавальний басейн на 4 доріжки довжиною 25 м;

– зону підготовчих занять, суміжну з басейном, площею 141,51 м²;

– обхідну доріжку навколо чаші басейну шириною не менше 2,5 м;

– чоловічі та жіночі роздягальні площею 23,32 м² на 17 місць для переодягання;

– душові площею 10,53 м² на 5 душових сіток;

– тренерську площею 9,93 м²;

– інвентарну площею 11,60 м²;

– кімнату відпочинку площею 15,66 м².

На першому поверсі передбачено:

– буфет площею 25,08 м²;

– роздаткову площею 12,76 м²;

– допоміжні та технічні приміщення.

Висота перекриття другого поверху становить 3,0 м. Планувальне рішення блоку басейну забезпечує функціональне розділення потоків відвідувачів, зручний доступ до приміщень та дотримання санітарно-гігієнічних вимог.

Об’ємно-просторове рішення будівлі сформоване з урахуванням сучасних архітектурних тенденцій, вимог енергоефективності та створення комфортного внутрішнього середовища. Композиція будівлі базується на поєднанні функціональності, лаконічності форм та виразності фасадних рішень. Передбачено безперешкодний доступ для маломобільних груп населення, що відповідає сучасним вимогам інклюзивності громадських будівель.

1.3 Конструктивні рішення

1.3.1 Забезпечення жорсткості та стійкості

Конструктивна схема запроєктованої будівлі прийнята рамною, що забезпечує ефективну роботу каркаса при сприйнятті вертикальних і горизонтальних навантажень.

Просторова жорсткість та загальна стійкість будівлі досягаються за рахунок сумісної роботи рамного каркаса та системи вертикальних і горизонтальних в’язей. Вертикальні зв’язки розташовані у центральній частині блоків, а також у крайніх прольотах, що дозволяє рівномірно розподіляти зусилля та підвищує просторову стабільність споруди.

Для забезпечення необхідної жорсткості ригелів рам передбачено систему горизонтальних зв’язків по верхніх поясах, які працюють у комплексі з вертикальними елементами. Така конструктивна схема запобігає

можливому закручуванню та втраті стійкості елементів ригеля, підвищуючи надійність усього каркаса в цілому.

1.3.2 Фундаменти

У проєкті прийнято стовпчасті монолітні фундаменти, виконані з бетону класу В10, що забезпечує необхідну міцність та довговічність конструкції при експлуатаційних навантаженнях. Відмітка закладання фундаментів становить -2.250 м від рівня чистої підлоги.

Під фундаментами передбачено бетонну підготовку товщиною 100 мм, яка виконує функцію вирівнюючого та захисного шару, а також знижує вплив ґрунтової вологи на основну конструкцію.

Габаритні розміри фундаментів становлять 1500×1500 мм під колони монолітного перекриття та 1200×1200 мм під монолітні елементи (ванни). Армування підошви фундаментів виконано з використанням арматурних сіток із стрижнів діаметром 12 мм класу А-300, що забезпечує необхідну несучу здатність та тріщиностійкість.

Фундаментні балки прийняті збірними залізобетонними елементами, що спрощує монтажні роботи та скорочує терміни будівництва.

1.3.3 Стіни і перегородки

Зовнішні стіни будівлі запроєктовані з використанням сучасних тришарових сендвіч-панелей, що забезпечують високу теплоізоляцію, міцність та швидкість монтажу. В якості зовнішньої обшивки застосовуються

профільовані сталеві листи ТП 20С* фірми «ТПК», які відзначаються стійкістю до атмосферних впливів і довговічністю.

Теплоізоляційний шар виконано з мінераловатних плит «Panelrock» товщиною 220 мм, що забезпечує необхідні теплозахисні характеристики огороджувальних конструкцій відповідно до вимог енергоефективності будівель.

Кріплення сендвіч-панелей здійснюється до стінових прогонів за допомогою самосвердлувальних гвинтів довжиною 300 мм (система Vesta Park), що гарантує надійність з’єднання та простоту монтажу.

Зовнішні поверхні стін, а також внутрішні поверхні у спортивному залі та басейні, передбачено фарбування масляними фарбами, стійкими до підвищеної вологості та експлуатаційних навантажень.

У приміщеннях першого блоку: вестибюль, кабінет директора, кабінет лікаря та інші адміністративні приміщення внутрішні стіни додатково обшиваються гіпсокартонними листами, що забезпечує рівну поверхню та можливість якісного оздоблення інтер’єрів.

Внутрішні перегородки запроєктовані з гіпсокартонних листів по металевому каркасу, що дозволяє легко змінювати планувальні рішення та забезпечує зручність монтажу інженерних комунікацій. У приміщеннях з підвищеною вологістю, зокрема біля басейну та в душових, застосовуються вологостійкі гіпсокартонні листи (ГКВЛ). Товщина перегородок прийнята 100 мм, що забезпечує достатню звукоізоляцію та конструктивну жорсткість.

1.3.4 Несучі елементи каркаса

Основу несучого каркаса будівлі становлять сталеві ферми типу ГФГС з прольотом 24 м, а також колони суцільного перерізу, які сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження і передають їх на фундаменти.

Ферми з паралельними поясами виконані зі сталі класу С245 та складаються з двох монтажних (відправних) елементів довжиною по 12 м, що спрощує транспортування та монтажні роботи на будівельному майданчику.

Пояси та елементи решітки ферми прийняті з гнутозварних профілів, що забезпечує високу міцність та оптимальну матеріаломісткість конструкції. Тип решітки – трикутний, що є ефективним рішенням для рівномірного розподілу зусиль та підвищення жорсткості ферми.

Колони каркаса прийняті сталевими суцільного перерізу, що забезпечує їх високу несучу здатність, стійкість та надійну роботу в складі просторової системи будівлі.

1.3.5 Покриття

Покриття будівлі запроєктоване по несучому профільованому настилу Нс40-800-0,7, який укладається по системі прокатних балок. Як несучі елементи покриття застосовано сталеві двотаврові балки двох типів: для крайніх рам – однопролітні, для рядових рам – двопролітні.

Пароізоляційний шар передбачено з одного шару рулонного матеріалу Уніфлекс ТКП із ретельним проклеюванням усіх стиків, що забезпечує герметичність конструкції та захист утеплювача від зволоження. Нахльост полотнищ прийнято: у поздовжніх швах 80–100 мм, у торцевих – 150 мм.

Теплоізоляційний шар виконано з плит мінераловатного утеплювача ROCKWOOL товщиною 300 мм, що забезпечує необхідний рівень теплозахисту покриття згідно з нормативними вимогами [2]. Поверх утеплювача влаштовується захисна збірна стяжка товщиною 20 мм, яка виконує функцію основи під гідроізоляційний килим.

Як гідроізоляційний матеріал використано рулонне покрівельне покриття Fibrotek Master S120. Укладання гідроізоляційного шару

виконується методом наплавлення нижньої поверхні матеріалу, що забезпечує надійне зчеплення з основою та герметичність покрівельного покриття.

У зоні конькового вузла передбачено влаштування додаткового армувального шару з матеріалу Fibrotek Master S120, що підвищує довговічність та водонепроникність покрівлі в найбільш навантаженій ділянці.

1.3.6 Вікна і двері

Віконні прорізи будівлі запроєктовані з використанням металопластикових віконних блоків із потрійним склінням, що забезпечує підвищені тепло- та звукоізоляційні характеристики. Площа світлопрозорих конструкцій прийнята відповідно до нормативних вимог щодо природного освітлення приміщень та діючих будівельних стандартів.

Зовнішні двері передбачені металопластикові зі склінням, що забезпечує поєднання міцності, енергоефективності та естетичного вигляду. Внутрішні двері прийняті дерев’яні глухі, що відповідає функціональному призначенню приміщень і вимогам до акустичного комфорту.

Двері на шляхах евакуації запроєктовані з відкриванням назовні відповідно до вимог пожежної безпеки, що забезпечує безперешкодну та швидку евакуацію людей у разі надзвичайних ситуацій.

Внутрішнє розташування дверних блоків виконано таким чином, щоб вони не створювали перешкод для вільного переміщення людей та не зменшували функціональну ефективність приміщень.

Експлікація віконних і дверних заповнень наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Експлікация дверей і вікон

Позначення за проектом	Марка	Ширіна отвору, мм	Висота отвору, мм
Д1	ДГ 21-9	900	2100
Д2	ДГ 21-7	700	2100
Д3	ДГ 21-18	1800	2100
Д4	ДГ 21-12	1200	2100
Д5	ДН 21-12	1200	2100
ОК1	ОК 15-12	1500	1200
ОК2	ОК 12-30	1200	3000

1.3.7 Сходи

Сходи в будівлі запроєктовані з монолітними залізобетонними сходовими майданчиками та ступенями, виконаними з бетону класу С15/20. Несучими елементами сходових маршів є металеві косоури з двотаврових балок №20, що забезпечує необхідну міцність та надійність конструкції при експлуатаційних навантаженнях.

Геометричні параметри сходів прийняті з урахуванням вимог ергономіки та безпеки: висота підступенка становить 180 мм, ширина проступу – 300 мм, що забезпечує комфортне та безпечне пересування користувачів. Ширина сходових маршів прийнята 1,2 м, що відповідає нормативним вимогам до громадських будівель та забезпечує достатню пропускну здатність.

Для підвищення безпеки експлуатації передбачено влаштування огороджень та перил, а також використання неслизького покриття на сходових елементах.

1.4 Архітектурно-художнє рішення

Архітектурне рішення проєктованої будівлі спрямоване на формування виразного та сучасного образу, який гармонійно доповнює існуючу міську забудову. Завдяки продуманому кольоровому рішенню та об’ємно-просторовій композиції будівля створює естетичний акцент у навколишньому середовищі та сприяє покращенню архітектурного виду міста.

Форма та об’єм будівлі визначені відповідно до її функціонального призначення, що забезпечує логічну організацію простору та зручність експлуатації. Композиційне рішення базується на поєднанні простих геометричних об’ємів із чітким ритмом фасадних елементів.

Зовнішнє оздоблення передбачає фарбування фасадних поверхонь сучасними атмосферостійкими фасадними фарбами, що забезпечує довговічність покриття та збереження естетичного вигляду будівлі протягом тривалого часу.

Внутрішнє оздоблення виконано з урахуванням функціонального призначення приміщень. Стелі облицьовуються гіпсовими рельєфними плитками, що створює акустично комфортне та естетично привабливе середовище.

Стіни в санітарних вузлах, душових, кабінеті лікаря та в басейні облицьовуються керамічною плиткою, що забезпечує вологостійкість, гігієнічність і легкість у догляді.

У спортивному залі, коридорах та вестибюлях передбачено фарбування стін масляними фарбами, які відзначаються зносостійкістю та простотою експлуатації в умовах інтенсивного використання приміщень.

1.5 Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій

1.5.1 Теплотехнічний розрахунок стіни

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення необхідної товщини утеплювача для конструкції зовнішньої стіни.

Конструкція зовнішньої стіни складена їз трьох шарів:

1. Стіновой профлист ТП 20С* фірми «ТПК» δ_1 = 0,8 мм і з коефіцієнтом теплопроводності λ_1 = 58 Вт/м °С.

2.Утеплювач – «Panelrock» δ_2=х мм і з коефіцієнтом теплопроводності λ_2 = 0,041 Вт/м °С.

3. Внутрішні стінові касети К160 фірми «ТПК» δ_3 = 1,6 мм і з коефіцієнтом теплопроводності λ_3 = 58 Вт/м °С.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції для району будівництва – м.Запоріжжя, згідно [2] приймається ІІ кліматична зона з $R_{q\min} = 3{,}5(м^2\ ^oC/Вт)$.

Опір теплопередачі визначаємо для кожного шару:

$$R = \frac{\delta_n}{\lambda}, \qquad (1.1)$$

де:

δ_n – товщина шарів конструкцій стіни, м;

λ – розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалу шарів конструкції стіни, залежно від матеріалу, його щільності (кг/м³), та умов експлуатації, що залежать від вологісного режиму приміщень і зон вологості місця будівництва (А або Б), прийняти згідно [2].

Опір теплопередачі конструкції, що захищає, слід визначати по формулі

$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + R_к + \frac{1}{\alpha_{H'}} \qquad (1.2)$$

де Rк - термічний опір конструкції, що захищає, м²°С/Вт, визначають по формулі:

$$Rк = R1 + R2 + .. + Rn \qquad (1.3)$$

де R1, R2, .., Rn – (м² °С/Вт), термічні опори окремих шарів конструкції,

$$R_0^{тр} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_н} \qquad (1.4)$$

$$\delta_{ут} = \left(R_o{}^{тр} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{\alpha_н} \right) \cdot \lambda_{ут} \qquad (1.5)$$

$$\delta_{ут} = \left(3{,}5 - \frac{1}{8{,}7} - \frac{0{,}08}{58} - \frac{0{,}016}{58} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0{,}041 = 0{,}22 м \ ;$$

Приймаємо утеплювач «Panelrock» товщиною 220 мм.

Визначаємо фактичний опір теплопередачі стіни:

$$R_0^{ф} = \frac{1}{\alpha_в} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_н}$$

$$R_0^{ф} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}08}{58} + \frac{0{,}22}{0{,}041} + \frac{0{,}016}{58} + \frac{1}{23} = 3{,}52(м^2 \ {}^oC / Вт)$$

$$R_0^{ф} \geq \mathrm{R}_0^{\mathrm{тр}} \qquad (1.5)$$

$$3{,}52 \, \mathrm{м}^2 C^0 / Вт \geq 3{,}5 \mathrm{м}^2 C^0 / Вт$$

Отже, прийняті розміри товщини стіни задовольняють теплотехнічним вимогам [2].

1.6 Санітарно-технічне та інженерне устаткування будівлі

Система опалення фізкультурно-оздоровчого комплексу запроєктована централізованою, з підключенням до міських магістральних теплових мереж. Розподіл теплоносія здійснюється через трубопроводи з нижньою розводкою, прокладені в технічному підпіллі та підвальній частині будівлі.

Опалювальні прилади прийняті сучасні конвектори та радіатори, які забезпечують рівномірний розподіл тепла в приміщеннях спортивного, адміністративного та побутового призначення. Для підтримання нормативного температурного режиму у спортивних залах передбачено автоматичне регулювання подачі теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря [6].

У будівлі передбачено окремий тепловий вузол із засобами обліку та регулювання теплової енергії, що забезпечує ефективне використання енергоресурсів та можливість контролю споживання тепла. Магістральні трубопроводи та стояки, розташовані у неопалюваних приміщеннях, теплоізолюються мінераловатними матеріалами з покриттям алюмінієвою фольгою для зменшення тепловтрат і запобігання утворенню конденсату.

У будівлі запроєктована припливно-витяжна система вентиляції, що забезпечує нормативний повітрообмін у всіх приміщеннях комплексу. Видалення забрудненого повітря здійснюється через вентиляційні шахти, розташовані у санітарно-побутових приміщеннях, роздягальнях, душових та санвузлах, з виведенням вентиляційних каналів вище рівня покрівлі [6].

У спортивних залах передбачено механічну припливно-витяжну вентиляцію з частковою рекуперацією тепла, що дозволяє підтримувати комфортний мікроклімат під час проведення тренувань та оздоровчих занять. Для природного провітрювання окремих приміщень передбачено відкривні елементи віконних конструкцій.

Система вентиляції запроєктована відповідно до санітарно-гігієнічних вимог та забезпечує необхідні параметри температури, вологості й чистоти повітря.

Холодне водопостачання будівлі передбачено від міської мережі водопроводу з підключенням до внутрішньоквартального колектора двома вводами, що забезпечує надійність та безперебійність подачі води.

Розподіл води здійснюється внутрішньобудинковими магістральними трубопроводами, прокладеними у підвальній частині будівлі. Трубопроводи теплоізолюються та покриваються захисним шаром алюмінієвої фольги. Гаряче водопостачання передбачено для забезпечення душових, санвузлів, побутових та технічних приміщень комплексу [7].

На території об’єкта запроєктовано господарсько-питний та протипожежний водопровід із встановленням пожежних гідрантів у водопровідних колодязях. Розташування гідрантів забезпечує можливість ефективного пожежогасіння відповідно до вимог пожежної безпеки.

Система каналізації будівлі передбачена роздільною та включає господарсько-побутову і дощову каналізацію. Відведення стічних вод здійснюється у внутрішньоквартальну мережу каналізації через оглядові колодязі [8].

Господарсько-фекальні стоки від санвузлів, душових та побутових приміщень відводяться самопливними трубопроводами до зовнішньої мережі. Для збору та відведення атмосферних опадів із покрівлі передбачена внутрішня система дощової каналізації з організованим випуском у зовнішню мережу зливової каналізації.

Усі мережі каналізації запроєктовані з дотриманням нормативних ухилів, що забезпечує надійну та безпечну експлуатацію системи [8].

Електропостачання фізкультурно-оздоровчого комплексу здійснюється від трансформаторної підстанції по двох незалежних кабельних лініях — основній та резервній, що гарантує безперервну роботу інженерного обладнання та систем безпеки [9].

У будівлі передбачено ввідно-розподільчі пристрої та електрощитові, розташовані на кожному поверсі. Електромережі запроєктовані з урахуванням потреб спортивного обладнання, систем вентиляції, освітлення, пожежної сигналізації та аварійного евакуаційного освітлення [10].

Для забезпечення енергоефективності будівлі передбачено використання сучасних LED-світильників та автоматичних систем керування освітленням у місцях загального користування. Усі електротехнічні рішення відповідають вимогам електробезпеки та чинним нормам [11].

1.7 Протипожежні заходи

Для забезпечення пожежної безпеки фізкультурно-оздоровчого комплексу передбачено комплекс об’ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожежі, обмеження поширення вогню та забезпечення безпечної евакуації людей.

Будівля поділена на протипожежні відсіки з урахуванням функціонального призначення приміщень, вимог чинних будівельних норм та категорій пожежної небезпеки. Кожен протипожежний відсік має самостійні евакуаційні виходи та окремі інженерні комунікації, що відповідає вимогам пожежної безпеки [12].

Ступінь вогнестійкості будівлі визначається межами вогнестійкості основних будівельних конструкцій відповідно до вимог [12]. Для будівлі прийнято I ступінь вогнестійкості, при якому основні конструкції мають такі межі вогнестійкості:

– колони R150;

– несучі стіни та сходові клітки – REI150;

– сходові площадки, косоури, балки – R60;

– марші сходових кліток – R60;

– міжповерхові перекриття – REI60;

– протипожежні стіни – REI60;

– балки та ферми покриття – R30.

Зовнішні стіни будівлі виконуються з конструкцій, що мають межу вогнестійкості REI150, а ненесучі зовнішні стіни – не менше EI30. Стіни, які відокремлюють протипожежні відсіки та евакуаційні коридори від суміжних приміщень, передбачаються з межею вогнестійкості EI60.

Евакуаційні шляхи та виходи запроєктовані відповідно до нормативних вимог щодо ширини проходів, дверних прорізів та напрямку відкривання дверей. Для забезпечення безпечної евакуації людей із будівлі передбачено евакуаційні коридори та сходові клітки з безпосереднім виходом назовні. У коридорах запроєктована система димовидалення, що забезпечує видалення продуктів горіння у разі виникнення пожежі.

Усі двері, встановлені у протипожежних перегородках та стінах з межею вогнестійкості EI60, прийняті протипожежними з межею вогнестійкості не менше EI30. Протипожежні двері обладнуються пристроями самозачинення та ущільненнями у притворах для запобігання проникненню диму та вогню.

Для оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень застосовуються матеріали з нормованими показниками пожежної небезпеки. Матеріали облицювання стін і стель повинні відповідати класам горючості не вище Г1, В1, Д2, Т2, а покриття підлог – не вище Г2, РП1, Д2, Т2.

Матеріали покрівлі прийняті з урахуванням вимог пожежної безпеки: утеплювач має показник горючості не вище Г1, а верхні шари покриття — не вище РП1 та В1.

У місцях проходження пластикових труб через протипожежні перешкоди передбачено встановлення протипожежних манжет. Для труб діаметром понад 100 мм застосовуються манжети з межею вогнестійкості не менше 45 хвилин, а для труб меншого діаметра – гільзи з негорючих

матеріалів із заповненням зазорів спеціальними вогнестійкими герметиками або мастиками.

Будівля обладнується системою пожежної сигналізації, первинними засобами пожежогасіння та внутрішнім протипожежним водопроводом. На прилеглій території передбачено встановлення пожежних гідрантів для забезпечення зовнішнього пожежогасіння.

Для захисту будівлі від атмосферних електричних розрядів на покрівлі передбачено систему блискавкозахисту та заземлення відповідно до вимог [13].

1.8 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники об'ємно-планувального рішення:

– площа забудови будівлі – 2378,10 м²

– загальна площа будівлі – 3062,32 м²

– корисна площа будівлі – 2887,4 м²

– розрахункова площа будівлі – 2289,3 м²

– планувальний коефіцієнт k=2289,3/3062,32=0,64

– периметр зовнішніх стін – 4221м

– площа вікон – 532м^2.

– площа покриття – 3096м^2.

2 БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Конструктивні рішення

Конструктивна схема будівлі – рамна. Просторова жорсткість і стійкість каркаса будівлі забезпечується спільною роботою рам, системою вертикальних і горизонтальних зв'язків. Вертикальні зв'язки, що забезпечують загальну стійкість, встановлюються в центрі блоку і в крайніх прольотах. Для забезпечення жорсткості та стійкості ригеля рами використовується система горизонтальних зв'язків по верхньому поясу і система вертикальних зв'язків, що запобігає закручуванню елементів ригеля.

Фундаменти прийняті стовпчасті монолітні з бетону В10, підошва фундаменту розташована на відмітці -2.250. Під фундаменти влаштовується бетонна підготовка товщиною 100мм. Розміри фундаментів прийняті 1500х1500 під колони монолітного перекриття і 1200х1200 під монолітну ванну. Армування підошви фундаментів виконане арматурними сітками із стрижнів діаметром 12мм, А-300. Фундаментні балки збірні.

Стіни комплексу виконані з панелей типу «Сендвіч». Роль обшивки виконують профільовані листи ТП 20С* фірми «ТПК». Утеплювач – «Panelrock» товщиною 220мм.

Кріплення панелей проводиться до стінових прогонів самосверлящими гвинтами довжиною 300мм (система Vesta Park). Зовні та всередині (у спортивному залі і в басейні) стіни забарвлені масляними фарбами. У приміщеннях першого блоку (вестибюль, кабінет директора, кабінет лікаря і т.д) стіни обшиті ГКЛ.

Перегородки запроєктовані з обшивками з ГКЛ на металевому каркасу. У приміщеннях, що примикають до басейну та в душових обшивка перегородки виконані з ГКВЛ. Товщина перегородок складає 100мм.

Основним несучим елементом каркаса є ферма ГФГС прольотом 24 м і колони суцільного перетину. Ферма з паралельними поясами виконана із сталі С245, складається з двох відправних елементів по 12м. Перетини поясів і грат приймається з гнутосварних профілів. Тип грат – трикутні.

Покриття запроєктоване з профільованого настилу Нс40-800-0,7 по прокатних балках. Балки настилу прийняті двотаврові двох видів для крайніх рам однопролітні і для рядових рам двопролітні по ГОСТ 8239-89. Пароізоляція виконана з одного шару Уніфлекс ТКП (ТУ 5774-001-17925162-99) з проклеюванням швів. Нахльостування полотнищ в бічних швах 80-100 мм, в торцевих 150 мм. Як утеплювач застосовуються теплоізоляційні плити ROCKWOOL завтовшки 300 мм, поверх яких влаштовується збірне стягування товщиною 20мм. Як водоізоляційний килим використані покрівельні матеріали Fibrotek Master s120. Влаштування водоізоляційного килима виконують шляхом підплавлення нижньої поверхні матеріалів. У коньковом вузлі передбачається влаштування додаткового шару Fibrotek Master s120.

2.2 Розрахунок кроквяної ферми СФ1

2.2.1 Навантаження на ферму

Навантаження на ферму прольотом 24 метра приведени в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Навантаження на ферму прольотом 24 метра

Тип навантаження	Характерис-тичне навантажен-ня, кН/м^2	Коэф. переванта жения γ_{fm}	Граничне навантаження, кН/м^2
1.**Постійна**			
1. Водоізоляційний килим (Fibrotek Master s 120)	0,04	1,3	0,052
2. Теплоізоляційні плити ROCKWOOL марки Флекси Баттс (товщина 130мм, γ =40кг/м³=0.4 кН/м³ 0.4·0,13=0,052 кН/м²	0,052	1,3	0, 07
3. Пароізоляційний шар	0,05	1,3	0,07
4. Сталевий профільований настил	0,1	1,05	0,105
5. Власна вага прогонів	0,1	1,05	0,105
6. Власна вага ферми	0,3	1,05	0,315
Разом постійна:	0,642		0,717
2.**Титмчасове навантаження** Сніu м.Запоріжжя	1,11	1,14	1,27
ВСЬОГО:	1,734		1,987

Матеріал ферми сталь С245: $R_y = 24кН/см^2$.

Верхній і нижній пояси проєктую без зміни перетину.

Розрахунок ферми на зусилля в стрижнях виконуємо за допомогою програмного комплексу «Ліра 9.6». Задаємо схему ферми, указуємо умови закріплення – шарнірне, задаємося попередніми жорсткостями стрижнів, а також вузловим навантаженням, враховуючи:

Визначимо навантаження, що діють на ферму:

Навантаження від покрівлі: (погонне навантаження від покриття):

$$q_{кр} = (g / \cos\alpha) \cdot \gamma_n \cdot B; \quad (3.1)$$

$q_{кр} = (1{,}25 / 0{,}9966) \cdot 6 \cdot 0{,}95 = 7{,}15 кН / м$

де $g = 1{,}25 кН / м^2$ – вага покрівлі

Визначимо зусилля, що діють на ферму від постійного навантаження.

$$F_1 = q_{кр} \cdot \frac{d_1 + d_2}{2}; \quad (3.2)$$

$F_1 = 7{,}15 * \frac{2{,}8 + 3}{2} = 20{,}74 кН$.

$$F_2 = q_{кр} \cdot \frac{d_2 + d_3}{2}; \quad (3.3)$$

$F_2 = 7{,}15 \cdot \frac{3 + 3}{2} = 21{,}45 кН$

$F_4 = F_3 = F_2 = 21{,}45$ кН,

де

q - розрахункове значення постійного навантаження від покриття *кН/м;*

d_1 - довжина першої і останньої панелі ферми, *м;*

d_2 - довжина панелі ферми, *м;*

B - крок ферм, *м.*

Снігове навантаження

$\mu_1 = 1$ т.к. $\alpha \le 25°$;

$$S_1 = S_g \cdot \mu_1 \cdot B \cdot \gamma_n; \quad (3.4)$$

$S_1 = S_g \cdot \mu_1 \cdot B \cdot \gamma_n = 1{,}34 * 6 * 0{,}95 = 7{,}24 кН / м$

$F_1 = S_1 \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} = 7{,}24 \frac{2{,}8 + 3}{2} = 20{,}97 кН$;

$F_2 = S_1 \cdot \frac{d_2 + d_3}{2} = 7{,}24 \cdot 3 = 21{,}72 кН$;

$F_4 = F_3 = F_2 = 21{,}72 кН$

Снігове навантаження на ферму приведено на рис. 2.1.

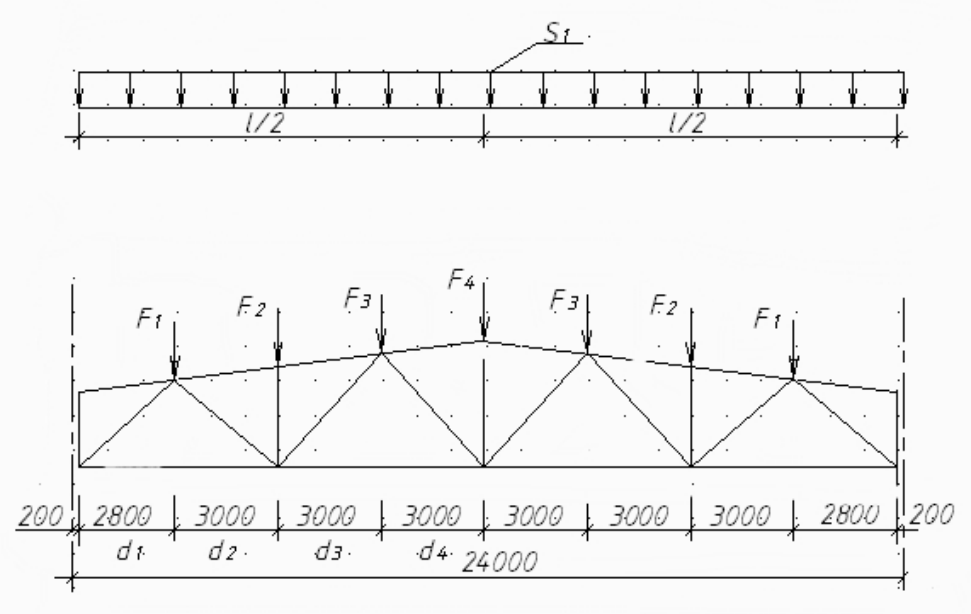


Рисунок 2.1 – Снігове навантаження на ферму

2.2.2 Розрахунок верхнього поясу ферми

Зусилля $N_{\max} = -676{,}51\,\text{кН}.\ \gamma_c = 1$, $\mu_x = \mu_y = 1$, $l_{ef,x} = 300см$, $l_{ef,y} = 300см$, для верхнього поясу $\lfloor \lambda_{x,y} \rfloor = 180 - 60\alpha$

Задаємося гнучкістю $\lambda = 80$. Тоді згідно $\varphi = 0{,}686$.

$$A = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c}; \qquad (3.5)$$

$$A = \frac{676{,}51}{0{,}686 \cdot 24 \cdot 1} = 41{,}09.$$

Приймаємо перетин Гн. □ 180×140×7 с А = 42,84 см^2, i_x=6,83 см, i_y=5,61см

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{300}{6{,}83} = 43{,}9$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{300}{5,61} = 53,5$$

$$\varphi = 0,821$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} = \frac{676,51}{0,686 \cdot 42,84 \cdot 24 \cdot 1} = 0,8$$

$$\left[\lambda_y\right] = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,8 = 132 \text{ ; } \lambda_y = 53,5 < \left[\lambda_{x,y}\right] = 132$$

Умова дотримується.

Перевірка стійкості стрижня:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{676,51}{0,821 \cdot 42,84} = 19,23 кН/см^2 > R_y \gamma_c = 24 \cdot 1 = 24 кН/см^2$$

Стійкість забезпечена.

Приймаємо перетин верхнього поясу Гн. □ 180×140×7.

2.2.3 Розрахунок нижнього поясу ферми

Зусилля $N_{\max} = 763,69$ кН. Для нижнього поясу $\left[\lambda_{x,y}\right] = 400$; $\gamma_c = 0,95$;

$\mu_{x,y} = 1$; $l_{ef,x} = l_{ef,y} = 3$ м. $A = \frac{N}{R_y \gamma_c} = \frac{763,69}{24 \cdot 0,95} = 33,5$ см^2

Приймаємо перетин Гн.□ 140×7 с А=37,24 см^2, i_x=5,44 см, i_y=5,44 см

Відношення висоти стінки до її товщини: $\frac{D_b}{t} = \frac{140}{7} = 20 < 45$ не перевищує граничну величину.

Гнучкість стрижня

$\lambda_{x,y} = \frac{l_{ef,ч,y}}{i_x} = \frac{300}{5,44} = 55,1 < \left[\lambda_{x,y}\right] = 400$; Умова дотримується.

Перевірка міцності перетину на розтягування:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{763,69}{37,24} = 20,5 кН/см^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0,95 = 22,8 кН/см^2 .$$

Міцність забезпечена.

Перевіряємо гнучкість

стінки: $\frac{h_{ef}}{t} = \frac{D_b - 4t}{t} = \frac{140 - 4 \cdot 7}{7} = 16 < \left[\frac{h_{ef}}{t}\right] = 1{,}29\sqrt{\frac{E}{R_y}} = 1{,}29 \cdot \sqrt{\frac{2{,}06 \cdot 10^4}{24}} = 37{,}8$

Умова виконується. Остаточно приймаємо перетин нижнього поясу Гн.□ 140×7.

2.2.4 Розрахунок розкосів

Розкос Р2 – стислий. $N_{\max} = -297{,}51$ кН.

$\gamma_c = 1$, $\mu_x = \mu_y = 1$, $l_{ef,x} = 250см$, $l_{ef,y} = 250см$. $\lfloor\lambda_{x,y}\rfloor = 180 - 60\alpha$

Задаємося гнучкістю $\lambda = 80$. Тоді згідно $\varphi = 0{,}686$.

$$A = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{279{,}51}{0{,}686 \cdot 24 \cdot 1} = 16{,}98 \text{ см}^2.$$

Приймаємо перетин Гн. □ 120×4 с А = 18,56 см^2, i_x=4,74 см, i_y=4,74 см.

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{250}{4{,}74} = 52{,}74$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{250}{4{,}74} = 52{,}74$$

$$\varphi = 0{,}831$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} = \frac{279{,}51}{0{,}831 \cdot 16{,}98 \cdot 24 \cdot 1} = 0{,}83$$

$\lfloor\lambda_y\rfloor = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0{,}83 = 130{,}2$; $\lambda_y = 52{,}74 < \lfloor\lambda_{x,y}\rfloor = 130{,}2$.

Умова дотримується.

Перевірка стійкості стрижня.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{279{,}51}{0{,}831 \cdot 42{,}84} = 7{,}85кН/см^2 > R_y\gamma_c = 24 \cdot 1 = 24кН/см^2.$$

Стійкість забезпечена. Приймаємо перетин верхнього поясу Гн. □ 120×4.

Розкос Р1 – розтягнутий. $N_{\max} = 284{,}8$ кН.

$\left[\lambda_{x,y}\right] = 400$; $\gamma_c = 0{,}95$; $\mu_{x,y} = 1$; $l_{ef,x} = l_{ef,y} = 3$ м.

$$A = \frac{N}{R_y \gamma_c} = \frac{284{,}8}{24 \cdot 0{,}95} = 12{,}5 \text{ см}^2$$

Приймаємо перетин Гн.□ 100×4 с А=15,36 см^2, i_x=3,92 см, i_y=3,92 см

Відношення висоти стінки до її товщини:

$\frac{D_b}{t} = \frac{100}{4} = 25 < 45$ не перевищує граничну величину.

Гнучкість стрижня: $\lambda_{x,y} = \frac{l_{ef,ч,y}}{i_x} = \frac{250}{3{,}92} = 63{,}8 < \left[\lambda_{x,y}\right] = 400$;

Умова дотримується.

Перевірка міцності перетину на розтягування:

$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{284{,}8}{15{,}36} = 18{,}5 кН/см^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0{,}95 = 22{,}8 кН/см^2$. Міцність забезпечена.

Перевіряємо гнучкість

стінки: $\frac{h_{ef}}{t} = \frac{D_b - 4t}{t} = \frac{100 - 4 \cdot 4}{4} = 21 < \left[\frac{h_{ef}}{t}\right] = 1{,}29\sqrt{\frac{E}{R_y}} = 1{,}29 \cdot \sqrt{\frac{2{,}06 \cdot 10^4}{24}} = 37{,}8$

Умова виконується. Остаточно приймаємо перетин нижнього поясу Гн.□ 100×4. Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.2.

2.2.5 Розрахунок зварних швів прикріплення стрижнів ферми

Зварка напівавтоматична в середовищі вуглекислого газу зварювальним дротом маркі СВ08-Г2С діаметром 2 мм.

Матеріал ферми – сталь С245, матеріал опорних фланців верхнього і нижнього поясів – сталь С245: $R_y = 24$ кН/см^2.

Зварні шви кутові без оброблення кромок перетини поясів. Для сталі С245: розрахунковий опір кутового шва зрізу по металу шва

$R_{wf} = 21{,}5$ кН/см^2; розрахунковий опір кутового шва зрізу (умовному) по металу межі сплаву $R_{wz} = 16{,}5$ кН/см^2.

Розрахункові опори, що приймаються при розрахунку по металу шва:

$R_{wf}\beta_f\gamma_{wf} = 21{,}5 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 19{,}35$ кН/см^2.

Розрахунковий опір, що приймається при розрахунку по металу межі сплаву:

$R_{wz}\beta_z\gamma_{wz} = 16{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 17{,}33$ кН/см^2.

Приймається умова розрахунку з'єднань по металу межі сплаву:

$R_{wz}\beta_z\gamma_{wz} = 17{,}33 кН/см^2 < R_{wf}\beta_f\gamma_{wz} = 19{,}35 кН/см^2$.

Верхній пояс (стрижень В2)

Приймаємо катет шва $k_f = 8$ мм.

Перевіряємо міцність шва по формулі:

$$\sigma_w = \frac{N_{cm}}{l_w k_f} + \frac{N_{cm} e}{W_w} = \frac{662{,}96}{63 \cdot 0{,}8} + \frac{662{,}96 \cdot 0{,}30}{86{,}4} = 15{,}46 кН/см^2 < R_{wz}\beta_z\gamma_{wz}\gamma_c = 17{,}33 кН/см^2,$$

де $N_{cm} = N_{B3} + \cos\alpha \cdot N_{P6} = 589{,}5 + \cos 47° \cdot 107{,}71 = 662{,}96$ кН/см^2 – зусилля в стику;

$l_w = 2(D_b + D) - 1 = 2 \cdot (18 + 14) - 1 = 63$ см;

$e = 0{,}30$ см – ексцентриситет

$W_w = \frac{2 l_{wв}^2 k_f}{6} = \frac{2 \cdot 18^2 \cdot 0{,}8}{6} = 86{,}4$ см^3–момент опору вертикальних зварних швів.

Міцність шва забезпечена.

Верхній пояс. (стрижень В1)

Приймаємо катет шва $k_f = 8$ мм.

Нормальна напруга в зварному шві, що сполучає верхній пояс з фланцем:

$$\sigma_w = \frac{N_{B1}}{l_w k_f} = \frac{156{,}76}{63 \cdot 0{,}8} = 3{,}11 \text{ кН/см}^2,$$

Дотична напруга в зварному шві

$$\tau_w = \frac{R_A}{l_w k_f} = \frac{284{,}76}{63 \cdot 0{,}8} = 5{,}65 \text{ кН/см}^2,$$

де R_A – опорна реакція ферми:

$$R_A = \frac{(q_ї + q_s)l}{2} = \frac{(6{,}2 + 7{,}24) \cdot 24}{2} = 284{,}76 \text{ кН}.$$

Міцність шва по приведеній напрузі

$$\sigma_{пр}=\sqrt{\sigma_w^2+3\cdot\tau_w^2}=\sqrt{3{,}11^2+3\cdot 5{,}65^2}=10{,}27кН/см^2<1{,}15R_{wy}\gamma_c=1{,}15\cdot 20{,}4\cdot 1=23{,}46кН/см^2$$

Міцність зварного шва забезпечена.

Нижній пояс (стрижень Н4)

Приймаємо катет шва $k_f=8$ мм.

Перевіряємо міцність шва по

формулі: $\sigma_w=\dfrac{N_{H4}}{l_w k_f}=\dfrac{763{,}69}{55\cdot 0{,}8}=17{,}3кН/см^2<R_{wz}\beta_z\gamma_{wz}\gamma_c=17{,}33$ кН/см^2

де $l_w=2(D_b+D)-1=2\cdot(2+20)-1=79$ см;

$\gamma_c=1$.

Міцність шва забезпечена.

Перевіряємо фланець на відрив в околошовній зоні:

$$\sigma_z=\frac{N_{H4}}{1{,}4\beta_f k_f l_w}=\frac{763{,}69}{1{,}4\cdot 0{,}9\cdot 0{,}8\cdot 55}=13{,}8кН/см^2<R_{th}\gamma_c=18\cdot 1=18кН/см^2,$$

де $R_{th}=0{,}5R_u=0{,}5\cdot 36=18$ кН/см^2.

Де $R_u=36$ кН/см^2 – розрахунковий опір стали по тимчасовому опору.

Умова міцності дотримується.

Розтягнутий розкіс Р1

Приймаємо катет шва $k_f=5$ мм.

Довжина подовжніх швів:

$$b=\frac{d_b}{\sin\alpha}=\frac{120}{\sin 50^\circ}=156{,}6\text{ мм}.$$

Відношення величин:

$$\frac{c}{b}=\frac{2}{15{,}66}=0{,}128<0{,}25.$$

Розрахункова довжина швів:

$$l_w=2b+d=2\cdot 15{,}6+12=43{,}2\text{ см}.$$

Нормальна напруга:

$$\sigma_w=\frac{N_{P1}\cdot\sin\alpha}{k_f l_w}=\frac{284{,}8\cdot\sin 50^\circ}{0{,}5\cdot 43{,}2}=10{,}1кН/см^2<R_{wy}\gamma_c=20{,}4\cdot 1=20{,}4кН/см^2,$$

де $R_{wy} = 0{,}85R_y = 0{,}85 \cdot 24 = 20{,}4$ кН/см^2 – розрахунковий опір стикового з'єднання по межі текучості.

Умова виконується.

Дотична напруга:

$$\tau_w = \frac{N_{P1} \cdot \cos\alpha}{k_f l_w} = \frac{284{,}8 \cdot \cos 50°}{0{,}5 \cdot 43{,}2} = 8{,}5кН/см^2 < R_{ws}\gamma_c = 13{,}86 \cdot 1 = 13{,}86кН/см^2,$$

де $R_{ws} = 0{,}58\dfrac{R_{yn}}{\gamma_m} = 0{,}58 \cdot \dfrac{24{,}5}{1{,}025} = 13{,}86$ кН/см^2 – розрахунковий опір стикового з'єднання зрушенню.

$R_{yn} = 24{,}5$ кН/см^2 – нормативний опір стали по межі текучості , $\gamma_m = 1{,}025$ - коефіцієнт надійності за матеріалом.

Умова виконується.

Приведена напруга:

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_w^2 + 3 \cdot \tau_w^2} = \sqrt{10{,}1^2 + 3 \cdot 8{,}5^2} = 17{,}9кН/см^2 < 1{,}15R_{wy}\gamma_c = 1{,}15 \cdot 20{,}4 \cdot 1 = 23{,}46кН/см^2$$

Умова виконується.

2.2.6 Проєктування вузлів ферми

Вузол 1. Зварні шви кріплення верхнього поясу і розкосу до надколоннику розраховані раніше. Приймаємо конструктивно опорний двутавр 40К1, рис. 2.2.

Вузол 2. Монтажний стик працює на стискування. Фланці приймаємо завтовшки 20 мм і розмірами 300?200 мм із сталі С245. Болти М30 класу 5.6. Болти розміщуємо так, щоб дотримувалися конструктивні вимоги. Приймаємо діаметр шайб $d_ш = 40$ мм, діаметр отворів – 34 мм.

Перевіряємо конструктивні умови розміщення болтів, рис. 2.3.

$$b_1 = 40мм > \frac{d_ш}{2} + k_f + 2мм = \frac{40}{2} + 8 + 2 = 30мм;$$

$$b_1 = 40мм < 3{,}5d = 3{,}5 \cdot 30 = 105мм;$$

$$b_1 = 40мм > 1{,}2d = 1{,}2 \cdot 30 = 36мм;$$

$$a = 40мм > 0{,}8d_ш = 0{,}8 \cdot 40 = 32мм;$$

$$w = \frac{200}{2} = 100мм < 4 \cdot (b_1 - k_f) = 4 \cdot (40 - 8) = 128 \text{ мм},$$

Для кріплення надколонника до колони приймаємо болти М36.

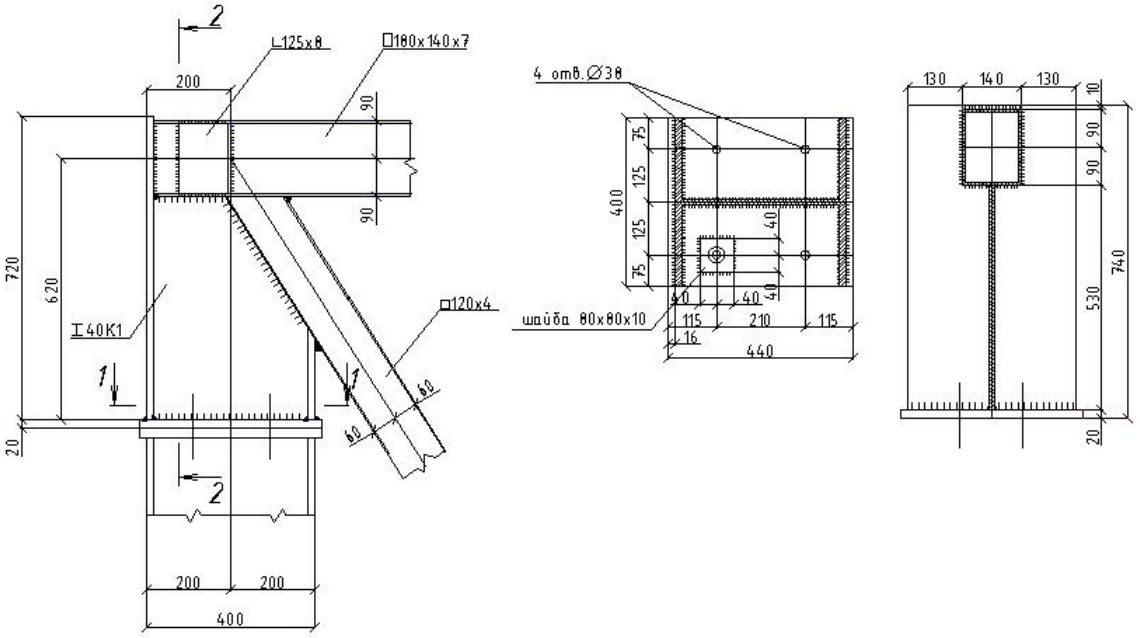


Рисунок 2.2 – Опорний вузол ферми

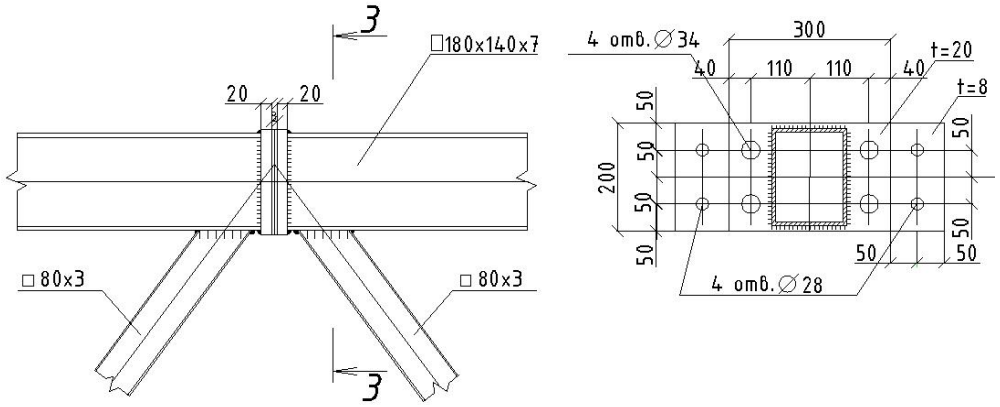


Рисунок 2.3 – Верхній монтажний вузол ферми

де b_1 – відстань від грані поясу до осі болта;

$d_ш$ – зовнішній діаметр шайби;

a – відстань від грані фланця до осі болта;

w – ширина фланця на один болт.

Для недопущення зрушення у фланцевому з'єднанні повинна виконуватися умова:

$$Q = 210{,}4 \le \mu N_{cm} = 0{,}35 \cdot 832{,}56 = 232 \text{ кН},$$

де Q – умовна поперечна сила:

$$Q = \frac{q_s l}{2} = \frac{17{,}53 \cdot 24}{2} = 210{,}4 \text{ кН};$$

$\mu = 0{,}35$ – коефіцієнт тертя

Умова виконується.

Перевіряємо стик верхнього поясу з фланцем:

$$\sigma_w = \frac{N_{cm}}{l_w k_f} + \frac{N_{cm} e}{W_w} = \frac{662{,}96}{63 \cdot 0{,}8} + \frac{662{,}96 \cdot 0{,}30}{84{,}8} = 15{,}495 кН/см^2 < R_{wz}\beta_z\gamma_{wz}\gamma_c = 17{,}33 кН/см^2$$

Міцність шва забезпечена.

Вузол 3. Розраховуємо фланцеве з'єднання нижнього поясу. Розтягуюче зусилля $N = 763{,}68$ кН.

Приймаємо високоміцні болти М30 із сталі 40Х «Селект».

Діаметр шайб $d_ш = 40$ мм, діаметр отворів – 34 мм.

Товщина фланців 30 мм.

Площа перетину болта $A_{bn} = 5{,}60$ см^2.

Розрахунковий опір розтягуванню високоміцного болта:

$$R_{bh} = 0{,}7 R_{bun} = 0{,}7 \cdot 95 = 66{,}5 \text{ кН/см}^2,$$

де $R_{bun} = 95$ кН/см^2 – нормативний опір сталі болта.

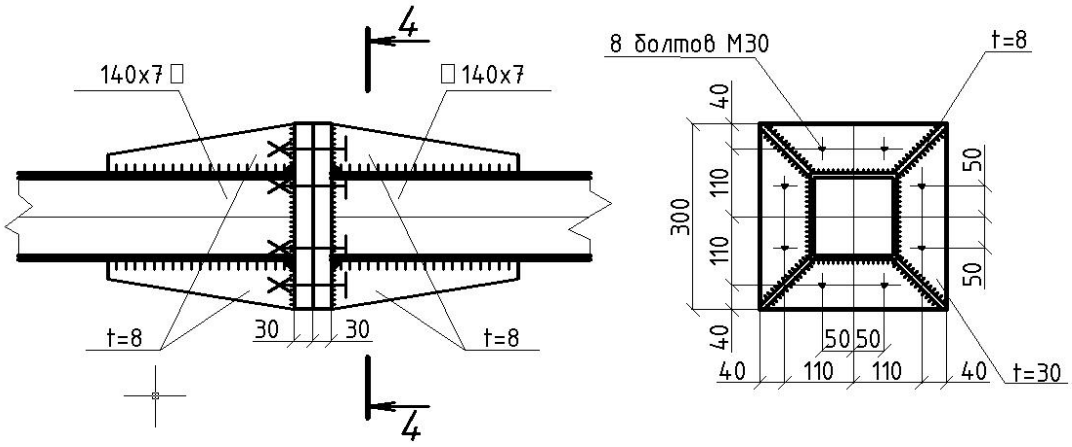


Рисунок 2.4 – Нижній монтажний вузол ферми

Міцність з'єднання забезпечена, якщо виконується умова:

$$N \le n \cdot N_1 + \sum_1^n N_j ,$$

де $N_1 = 0{,}9 R_{bh} A_{bn} = 0{,}9 \cdot 66{,}5 \cdot 5{,}6 = 335{,}16$ кН;

N_j – розрахункове зусилля на *j*-й болт зовнішньої зони, рівне

$N_j = \min\left(N_{bj}, N_{fj}\right).$

Тут N_{bj} – розрахункове зусилля на *j*-й болт, визначуване з умови міцності з'єднання по болтах:

$$N_{bj} = \left(\alpha - \beta \lg \chi\right) R_{bh} A_{bn} = \left(0{,}388 - 0{,}257 \cdot \lg 1{,}852\right) \cdot 66{,}5 \cdot 5{,}6 = 118{,}88 \text{ кН}$$

Здесь $\alpha = 0{,}388$ и $\beta = 0{,}257$ – коефіцієнти, що приймаються по залежно від відношення $\dfrac{t_{фл}}{d_b} = \dfrac{30}{30} = 1$;

χ – параметр жорсткості болта, визначуваний по формулі:

$$\chi = \frac{d_b^2 \left(\dfrac{b}{t_{фл}}\right)^3}{\omega\left(t_{фл} + 0{,}5 \cdot d_b\right)} = \frac{3^2 \cdot \left(\dfrac{4{,}2}{2}\right)^3}{10 \cdot \left(3 + 0{,}5 \cdot 3\right)} = 1{,}852,$$

$b = b_1 - k_f = 50 - 8 = 42$ мм – відстань між віссю болта і краєм зварного шва.

N_{fj} – розрахункове зусилля на j -й болт, визначуване з умови міцності фланця на вигин:

$$N_{fj} = 1{,}3\frac{1+\frac{1}{\gamma}}{\mu} \cdot R_{bh} A_{bn} = 1{,}3 \cdot \frac{1+\frac{1}{1{,}388}}{3{,}128} \cdot 66{,}5 \cdot 5{,}6 = 266{,}28\,\text{кН},$$

де γ – параметр, визначуваний по табл. ;

$$\mu = \frac{5{,}4 \cdot R_{bh} A_{bn} b}{R_y w t^2} = \frac{5{,}4 \cdot 66{,}5 \cdot 5{,}6 \cdot 4{,}2}{30 \cdot 10 \cdot 3^2} = 3{,}128\,.$$

$$N = 763{,}68 < n \cdot N_1 + \sum_1^n N_j = 8 \cdot 335{,}16 + 8 \cdot 118{,}88 = 3632{,}32\,\text{кН}.$$

Міцність з'єднання забезпечена.

Перевіряємо з'єднання на зрушуюче зусилля. Контактне зусилля на зрушення:

$$V = R_{bh} A_{bn} - 1{,}2 N_{bj} = 66{,}5 \cdot 5{,}6 - 1{,}2 \cdot 118{,}88 = 229{,}74\,\text{кН}.$$

Поперечна сила:

$$Q_{ef} = 0{,}1 \mu N = 0{,}1 \cdot 0{,}25 \cdot 763{,}68 = 19{,}1\,\text{кН}.$$

Перевіряємо умову:

$$Q = Q_{ef} = 19{,}1 < \mu n V = 0{,}25 \cdot 4 \cdot 229{,}74 = 229{,}74\,\text{кН}.$$

Міцність забезпечена.

Вузол 5. При проєктуванні примикання розкосів до поясу ферми перетин їх осей зміщується з осі поясу на величину *e*. Це робиться з метою виконання необхідного зазору між «шкарпетками» розкосів. Момент, що вигинає, виникає від внецентренного додатку навантаження, допускається не враховувати при величині ексцентриситету *e* не більше 0,25 висоти перетину поясу.

Перевіримо міцність вузла ферми. Величина кутів нахилу розкосів $\alpha = 36°$.

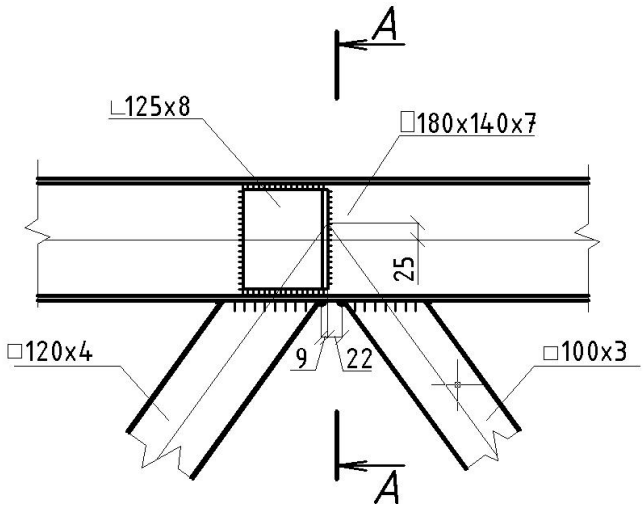


Рисунок 2.5 – Проміжний вузол ферми

Визначаємо проєкції висот розкосів на пояс:

$$b_1 = \frac{d_{b1}}{\sin\alpha} = \frac{120}{\sin 36°} = 204{,}2\,\text{мм};$$

$$b_2 = \frac{d_{b2}}{\sin\alpha} = \frac{100}{\sin 36°} = 170{,}1\,\text{мм}.$$

Величина зазору між полицями розкосів $2c = 31\,\text{мм}$.

$$\frac{c}{b_1} = \frac{15{,}5}{204{,}2} = 0{,}08 < 0{,}25$$

$$\frac{c}{b_2} = \frac{15{,}5}{170{,}1} = 0{,}09 < 0{,}25$$

$$\frac{d_1}{D} = \frac{120}{180} = 0{,}67 < 0{,}9 \;;\; \frac{d_2}{D} = \frac{100}{180} = 0{,}56 < 0{,}9\,.$$

Визначаємо несучу здатність:

для стислого розкосу Р2

$$P_0 = \frac{R_y t_{d1}\left(b_1 + c + \sqrt{2Df_1}\right)}{f_1\left(0{,}4 + 1{,}8\dfrac{c}{b_1}\right)} = \frac{24 \cdot 0{,}7^2\left(20{,}42 + 1{,}55 + \sqrt{2 \cdot 18 \cdot 3}\right)}{3 \cdot \left(0{,}4 + 1{,}8 \cdot \dfrac{1{,}55}{20{,}42}\right)} = 236{,}4\,\text{кН},$$

де $f_1 = \frac{D - d_1}{2} = \frac{180 - 120}{2} = 30\,\text{мм}.$

для розтягнутого розкосу Р3

$$P_0 = \frac{R_y t_{d2}\left(b_2 + c + \sqrt{2Df_2}\right)}{f_2\left(0{,}4 + 1{,}8\frac{c}{b_2}\right)} = \frac{24 \cdot 0{,}7^2\left(17{,}01 + 1{,}55 + \sqrt{2 \cdot 18 \cdot 4}\right)}{4 \cdot \left(0{,}4 + 1{,}8 \cdot \frac{1{,}55}{17{,}01}\right)} = 159{,}3\,\text{кН},$$

де $f_2 = \frac{D - d_2}{2} = \frac{180 - 100}{2} = 40\,\text{мм}.$

Несуча здатність вузла вважається за забезпечену для кожного елементу, що розраховується окремо, якщо виконуються умови:

$$\frac{P'}{P_0} \le \gamma_c \gamma_v,$$

де P' – проекція зусилля в елементі (розкосі або стійці), що примикає до поясу, але перпендикулярна до його осі:

$P' = N_d \sin\alpha$;

γ_v – коефіцієнт, що враховує вид напруженого стану поясу; $\gamma_v = 1$ при розтягуванні або при стискуванні, якщо виконується умова: $\frac{\sigma_f}{R_y} \le 0{,}5$,

$\gamma_v = 1{,}5 - \left|\frac{\sigma_f}{R_y}\right|$ при $\left|\frac{\sigma_f}{R_y}\right| > 0{,}5$. Здесь $\sigma_f = \frac{N_f}{A_f}$.

N_d, N_f – зусилля відповідно в розкосі і поясі.

Несуча здатність стрижня Р2, що несе, на продавлювання (оскільки розкіс стислий):

$\sigma_f = \frac{N_f}{A_f} = \frac{170{,}58}{42{,}84} = 3{,}98\,\text{кН/см}^2.$

$\frac{\sigma_f}{R_y} = \frac{3{,}98}{24} = 0{,}17 < 0{,}5$, следовательно $\gamma_v = 1$.

$P' = N_d \sin\alpha = 279{,}51 \cdot \sin 36° = 164{,}29\,\text{кН};$

$\frac{P'}{P_0} = \frac{164{,}29}{236{,}4} = 0{,}69 < \gamma_c \gamma_v = 1 \cdot 1 = 1.$

Умова виконується.

Несуча здатність стрижня Р3 на виривання (оскільки розкіс розтягнутий):

$$\sigma_f = \frac{N_f}{A_f} = \frac{454,98}{42,84} = 10,62 \text{ кН/см}^2.$$

$$\frac{\sigma_f}{R_y} = \frac{10,62}{24} = 0,442 < 0,5, \text{ отже } \gamma_v = 1.$$

$$P' = N_d \sin\alpha = 194,01 \cdot \sin 36° = 114 \text{ кН};$$

$$\frac{P'}{P_0} = \frac{114}{159,3} = 0,72 < \gamma_c \gamma_v = 0,95 \cdot 1 = 0,95$$

Умова виконується.

Міцність грані поясу забезпечена.

Виконуємо перевірку місцевої стійкості бічних граней поясу під стислим розкосом.

При співвідношенні:

$$\frac{D_b}{t} = \frac{180}{7} = 25,7$$

коефіцієнт $k = 1$, тоді

$$k\gamma_v R_y \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2;$$

$$\sigma = \frac{P'}{2tb_1} = \frac{164,29}{2 \cdot 0,7 \cdot 20,42} = 5,7 кН/см^2 < 24 кН/см^2.$$

Стійкість бічних граней поясу забезпечена.

Проводимо перевірку бічних граней стислого розкосу на стійкість.

$$\frac{d_b}{t} = \frac{120}{4} = 30; \; k = 1.$$

Повинна виконуватися умова:

$$N_d \le \frac{\gamma_c \gamma_d k R_{yd} A_d}{1 + 0,013 D/t},$$

де γ_d – коефіцієнт впливу знаку зусилля в примикаючому елементі, що приймається рівним 1,2 при розтягуванні і 1,0 - в решті випадків.

$$N_d = 279,51 кН \le \frac{\gamma_c \gamma_d k R_y A_d}{1 + 0,013 D/t} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 18,56}{1 + 0,013 \cdot \frac{12}{0,6}} = 320,46 кН.$$

Умова місцевої стійкості бічних граней виконується.

Проводимо перевірку місцевої стійкості бічних граней розтягнутого розкосу.

$$\frac{d_b}{t} = \frac{100}{3} = 33{,}3;\ k = 1.$$

$$N_d = 194{,}01кН \le \frac{\gamma_c \gamma_d k R_y A_d}{1 + 0{,}013 D/t} = \frac{0{,}95 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 11{,}64}{1 + 0{,}013 \cdot \frac{10}{0{,}6}} = 222{,}19кН$$

Умова виконується.

Вузол 6.

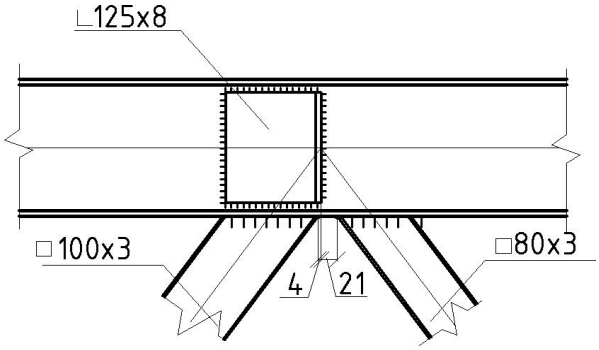


Рисунок 2.6 – Проміжний вузол ферми

Розрахунок виконан аналогічно розрахунку вузла 4.

Величина кутів нахилу розкосів $\alpha = 36°$.

Визначаємо проекції висот розкосів на пояс:

$$b_1 = \frac{d_{b1}}{\sin\alpha} = \frac{100}{\sin 36°} = 170{,}1мм;$$

$$b_2 = \frac{d_{b2}}{\sin\alpha} = \frac{80}{\sin 36°} = 136{,}1мм.$$

Величина зазору між полицями розкосів $2c = 25$ мм.

$$\frac{c}{b_1} = \frac{12{,}5}{170{,}1} = 0{,}07 < 0{,}25$$

$$\frac{c}{b_2} = \frac{12{,}5}{136{,}1} = 0{,}09 < 0{,}25$$

$\frac{d_1}{D} = \frac{100}{180} = 0{,}556 < 0{,}9$;

$\frac{d_2}{D} = \frac{80}{180} = 0{,}444 < 0{,}9$.

Визначаємо несучу здатність:

для стислого розкосу Р4

$$P_0 = \frac{R_y t_{d1}\left(b_1 + c + \sqrt{2Df_1}\right)}{f_1\left(0{,}4 + 1{,}8\frac{c}{b_1}\right)} = \frac{24 \cdot 0{,}7^2\left(17{,}01 + 1{,}25 + \sqrt{2 \cdot 18 \cdot 4}\right)}{4 \cdot \left(0{,}4 + 1{,}8 \cdot \frac{1{,}25}{17{,}01}\right)} = 167{,}14 \text{ кН},$$

де $f_1 = \frac{D - d_1}{2} = \frac{180 - 100}{2} = 40$ мм.

для растянутого раскоса Р5

$$P_0 = \frac{R_y t_{d2}\left(b_2 + c + \sqrt{2Df_2}\right)}{f_2\left(0{,}4 + 1{,}8\frac{c}{b_2}\right)} = \frac{24 \cdot 0{,}7^2\left(13{,}61 + 1{,}55 + \sqrt{2 \cdot 18 \cdot 5}\right)}{5 \cdot \left(0{,}4 + 1{,}8 \cdot \frac{1{,}55}{13{,}61}\right)} = 117{,}6 \text{ кН},$$

де $f_2 = \frac{D - d_2}{2} = \frac{180 - 80}{2} = 50$ мм.

Несуча здатність стрижня Р4 на продавлювання (оскільки розкіс стислий):

$\sigma_f = \frac{N_f}{A_f} = \frac{454{,}98}{42{,}84} = 10{,}62$ кН/см^2.

$\frac{\sigma_f}{R_y} = \frac{10{,}62}{24} = 0{,}442 < 0{,}5$, отже $\gamma_v = 1$.

$P' = N_d \sin\alpha = 194{,}08 \cdot \sin 36° = 114$ кН;

$\frac{P'}{P_0} = \frac{114}{167{,}14} = 0{,}682 < \gamma_c \gamma_v = 1 \cdot 1 = 1$.

Умова виконується.

Несуча здатність стрижня Р5, на виривання (оскільки розкіс розтягнутий):

$\sigma_f = \frac{N_f}{A_f} = \frac{643{,}7}{42{,}84} = 15{,}0$ кН/см^2.

$\frac{\sigma_f}{R_y} = \frac{15,0}{24} = 0,625 < 0,5$, следовательно $\gamma_v = 1$.

$P' = N_d \sin\alpha = 119,1 \cdot \sin 36° = 70$ кН;

$\frac{P'}{P_0} = \frac{70}{117,6} = 0,595 < \gamma_c \gamma_v = 0,95 \cdot 1 = 0,95$

Умова виконується.

Таблиця 2.2 – Розрахункові зусилля і підбір перетинів

Елемент ферми	№ стриж ня	Розрахунко ві зусилля	Перетин за розрахунком	Прийнятий перетин	Площа перетину см^2	Розрахун-кова довжина м		Радіус інерції		Гнучкість		Гранична гнучкість		φ_{min}	γ_c	Перевірка перетину	
						у плоск	із плоск	i_x	i_y	λ_x	λ_y	$[\lambda_x]$	$[\lambda_y]$			на міцність кН/см^2	на стійкість кН/см^2
Верхній пояс	В4	-676,51	Гн.□180×140×7	Гн.□180×140×7	42,84	3,00	3,00	6,83	5,61	44	54	134	132	0,828	1	---	19,23<24
Нижній пояс	Н4	763,69	Гн.□140×7	Гн.□140×7	37,24	3,00	3,00	5,44	5,44	55	55	400	400	---	0,95	20,5<22.8	---
Розкоси	Р1	284,8	Гн.□100×4	Гн.□120×5	23	2,50	2,50	4,69	3,69	64	64	400	400	---	0,95	18,5<22,8	---
	Р2	-297,5	Гн.□120×4	Гн.□120×5	23	2,50	2,50	4,69	4,69	53	53	138	138	0,831	1	---	7,9<24
	Р3	194	Гн.□80×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	80	80	400	400	---	0,95	21<22,8	---
	Р4	-194	Гн.□100 ×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	64	64	130	130	0,802	1	---	21<24
	Р5	119	Гн.□80×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	80	80	400	400	---	0,95	20,5<22,8	---
	Р6	-117,8	Гн.□80 ×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	80	80	135	135	0,686	1	---	17,8<24
	Р7	40,2	Гн.□80×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	80	80	400	400	---	0,95	4,4<22,8	---
	Р8	-37,4	Гн.□80×3	Гн.□100×4	15,36	2,50	2,50	3,92	3,92	80	80	165	165	0,686	1	---	6,1<24

3 ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЇ

3.1 Інженерний благоустрій території

Інженерний благоустрій території фізкультурно-оздоровчого комплексу в Хортицькому районі м. Запоріжжя розроблений з метою створення безпечного, функціонального та естетичного середовища для занять спортом і відпочинку. Проєктні рішення базуються на раціональному використанні рельєфу та чіткому зонуванні ділянки.

Проєктне рішення вертикального планування виконане з урахуванням існуючого ландшафту (відмітки від 33.00 до 38.00).

Організація рельєфу здійснена методом проєктних горизонталей, що забезпечує нормативні ухили для руху пішоходів та транспорту.

Забезпечено безперешкодний стік поверхневих вод від будівель та спортивних майданчиків до проектованих лотків та дощоприймальних колодязів, що запобігає підтопленню території.

Для кожної функціональної зони обрано тип покриття відповідно до розрахункових навантажень:

Транспортні проїзди та стоянка запроєктовані з твердим покриттям (асфальтобетон/ФЕМ), розрахованим на інтенсивний рух легкового автотранспорту (60 машиномісць) та можливість проїзду пожежної техніки.

Пішохідні зони та тротуари виконані з фігурних елементів мощення з нековзною поверхнею для безпеки пересування в осінньо-зимовий період.

На спортивних майданчиках передбачено спеціалізоване травмобезпечне покриття – гумова крихта для майданчиків з настільного тенісу, волейболу, баскетболу та тренажерної зони.

По периметру всіх будівель влаштовується водонепроникне вимощення для захисту фундаментів від поверхневих вод.

Система озеленення виконує не лише декоративну, а й інженерно-екологічну функцію: по-перше, пило- та шумозахист, завдяки щільній посадці дерев по периметру, таких як: тополя пірамідальна, сосна Веймутова, клен створює природний бар'єр від міського шуму та вітру.

Укріплення ґрунту – посів газонів та висадка кущів: ялівець, спірея сприяє утриманню ґрунту та регулюванню вологості мікроклімату ділянки.

Малі архітектурні форми та освітлення. Для забезпечення повноцінного функціонування комплексу передбачено встановлення глядацьких місць та облаштування зон відпочинку біля квітників.

Організація зовнішнього електроосвітлення території (вздовж основних алей та на спортивних майданчиках) для безпечної експлуатації об'єкта у вечірній час.

Господарський майданчик забезпечує зону для збору побутових відходів та технічного обслуговування комплексу.

Інженерний благоустрій території розроблявся на основі функціонального зонування території.

3.2 Функціональне зонування території

Функціональне зонування території фізкультурно-оздоровчого комплексу у Хортицькому районі розроблене для забезпечення максимально ефективного використання земельної ділянки та розмежування різних видів активності.

Нижче наведено опис основних функціональних зон згідно з планом благоустрою:

1. Вхідна та адміністративно-сервісна зона. Ця зона розташована у верхній частині ділянки та є головним вузлом розподілу відвідувачів.

На рис. 3.1 наведена вхідна зона.

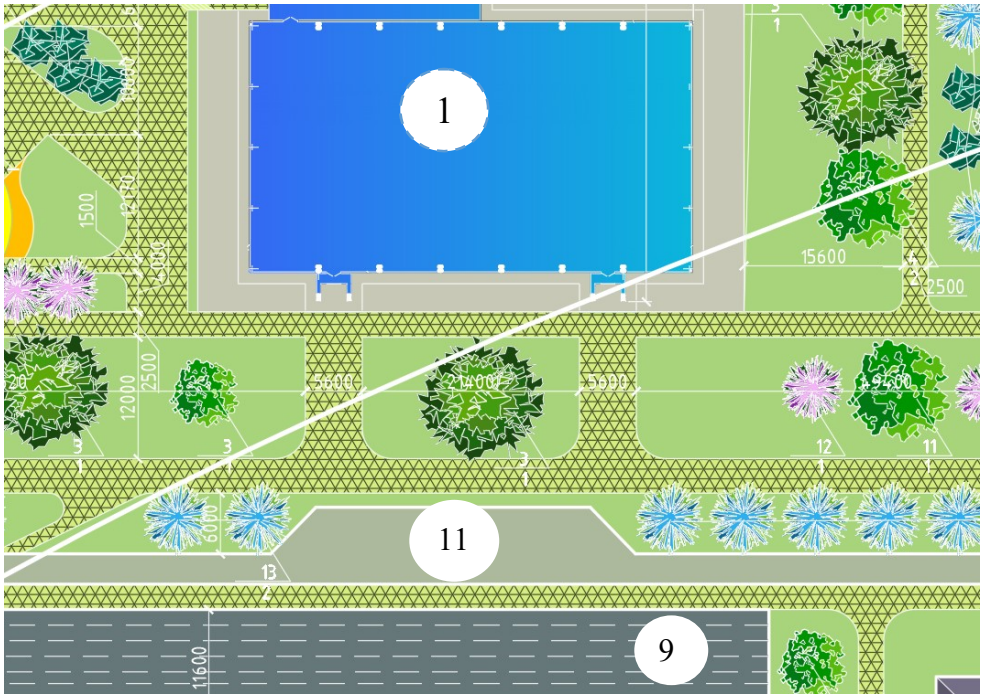


Рисунок 3.1 – Вхідна зона



Рисунок 3.2 – Спортивно-видовищна зона

Адміністративна будівля: забезпечує контроль доступу та координацію роботи всього комплексу. Адміністрація та сервіс (поз. 2, 12) розміщені з

урахуванням логістики – адміністрація ближче до входу, а господарський майданчик – у периферійній зоні для ізоляції технічних процесів.

Сервісна інфраструктура включає місця для тимчасової зупинки автомобілів (поз. 11, рис. 3.1 та рис. 3.2), що дозволяє зручно висаджувати пасажирів перед входом. Паркувальні місця (поз. 10, 11) розраховані на 60 місць згідно з нормами місткості об'єкта та розташовані вздовж межі ділянки для мінімізації руху транспорту всередині пішохідної зони.

2. Спортивно-видовищна зона (Арена), рис. 3.2. Це центральна частина комплексу, призначена для проведення масових заходів та змагань.

Спортивна арена (поз. 3, рис. 3.2): основний відкритий простір для ігрових видів спорту. Зона глядачів (поз. 9, рис. 3.2): спеціально облаштовані місця, розташовані вздовж арени для забезпечення гарного огляду подій.

3. Зона активного відпочинку та ігрових майданчиків. Розташована ліворуч від центральної осі, ця зона розбита на спеціалізовані сектори для різних вікових груп та видів спорту:

– сектор настільних ігор: майданчик для настільного тенісу (поз. 4).

– командні ігри: окремі майданчики для волейболу (поз. 6) та баскетболу (поз. 8).

– силовий сектор: майданчик з тренажерами (поз. 7) для занять на свіжому повітрі.

4. Легкоатлетична зона. Займає нижню частину ділянки та ізольована від транзитних пішохідних потоків для безпеки бігунів. Легкоатлетичний комплекс (поз. 5): включає бігові доріжки навколо футбольного поля (або універсального ядра) розміром 122 метри в довжину.

5. Транспортно-господарська зона. Винесена на периферію ділянки для мінімізації впливу на екологію та безпеку відвідувачів.

Автостоянка (поз. 10): містка зона паркування на 60 місць, розташована вздовж межі ділянки.

Господарський майданчик (поз. 12) розміщений у віддаленому куті для технічного обслуговування об'єкта та збору відходів.

6. Ландшафтно-рекреаційна зона (Зелений пояс) проходить крізь усю територію, об'єднуючи інші зони.

Зона тихого відпочинку складається з газонів, квітників та місць під тінню дерев (берези, клени, липи).

Захисне озеленення смуга хвойних та листяних дерев по периметру, що відмежовує спортивні зони від зовнішнього міського шуму.

Спортивні зони (поз. 3-8): групувалися за типом активності: ігрові майданчики (волейбол, баскетбол) та атлетичне ядро (бігові доріжки, тренажери) рознесені для запобігання перетину потоків спортсменів.

Паркувальні місця (поз. 10, 11) розраховані на 60 місць згідно з нормами місткості об'єкта та розташовані вздовж межі ділянки для мінімізації руху транспорту всередині пішохідної зони.

3.3 Специфікація зелених насаджень

Специфікація зелених насаджень на плані благоустрою фізкультурно-оздоровчого комплексу включає 15 позицій рослин, які підібрані для створення багатоярусного ландшафту, що поєднує декоративні та захисні функції. Підбір рослин здійснювався за принципами естетики та норм [14, 15].

Захисне озеленення исокі дерева, як-от тополя пірамідальна та сосна Веймутова (поз. 8, 9), висаджені по периметру для створення шумозахисного бар'єру та вітрозахисту.

Декоративні групи – використання берези плакучої (12 шт.) та клена сріблястого (поз. 1, 7) у зонах відпочинку для створення затінку та візуальних акцентів. Низькорослa флора: кущі (жасмин, спірея) та квітники (чорнобривці) використані для розмежування функціональних зон та оформлення вхідних груп.

Береза плакуча (поз. 1): висаджена у кількості 12 одиниць для створення легких, ажурних груп у зонах відпочинку.

Клен (різних видів): у проєкті використано клен ясенелистий (поз. 2) у кількості 9 шт. та клен сріблястий (поз. 7) у кількості 14 шт., що відомий своєю декоративною кроною.

Ясен (поз. 3/4): представлений 19 деревами, які формують основний масив високого озеленення.

Липа дрібнолиста (поз. 6): використана у кількості 9 шт., ідеально підходить для міського благоустрою завдяки своїм фітонцидним властивостям.

Специфікація включає також і хвойні породи: кипарис лузитанський (поз. 5) у кількості 10 шт. та сосну Веймутову (поз. 8) – 12 шт., які забезпечують декоративність території протягом усього року.

Тополя пірамідальна (поз. 9) у кількості 8 шт. використана для створення вертикальних ліній та вітрозахисту.

Чагарники та декоративні рослини. Терн (поз. 10): висаджено 11 одиниць, ймовірно, для формування живоплотів або укріплення окремих ділянок.

Ялівець козацький (поз. 11): використовується як грунтопокривна рослина у кількості 22 шт. для оформлення схилів або квітників.

Квітучі кущі: садовий жасмин (поз. 13) – 29 шт. та спірея городчата (поз. 14) – 28 шт. створюють естетичне фонове оформлення майданчиків.

Окрему позицію займають чорнобривці (поз. 15), що є традиційним елементом декоративного оформлення вхідних груп та алей.

Згідно з умовними позначеннями, дерева та чагарники на плані позначені зеленими круглими символами різного діаметру, а зони під посіви трави – газон. Насадження розміщені таким чином, щоб забезпечити шумоізоляцію спортивних майданчиків та створити комфортні умови для відвідувачів у Хортицькому районі.

3.4 Конструкції дорожнього одягу та покриттів

Розробка покриттів залежала від експлуатаційного навантаження. Для проїздів та стоянки передбачено посилене покриття, здатне витримати вагу легкових авто та спецтехніки, рис.3.3.

Тротуари та вимощення проєктувалися з урахуванням інклюзивності та водовідведення від фундаментів будівель, рис. 3.4.

Спеціалізоване спортивне покриття майданчиків прийнято з травмобезпечних матеріалів гумова крихта.

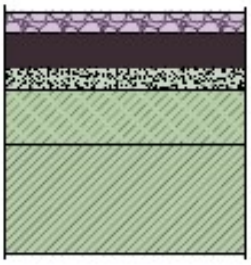


Рисунок 3.3 – Тип 1 Основні проїзди

Асфальтобетон середньозернистий – 50 мм. Асфальтобетон крупнозернистий – 40 мм. Гравійний асфальтобетон крупнозернистий – 50 мм. Грунт, укріплений мінеральними в'яжучими – 120 мм. Грунт підвищеної щільності – 300 мм.

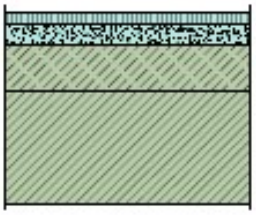


Рисунок 3.4 – Тип 2 (Пішохідні зони та майданчики)

Асфальтобетон середньозернистий – 50 мм. Пористий асфальтобетон – 80 мм. Грунт, укріплений мінеральними в'яжучими – 120 мм. Укріплений грунт та ущільнена основа.

3.5 Висотна прив'язка будівлі

Висотна прив'язка проєктуємої будівлі фізкультурно-оздоровчого комплексу у Хортицькому районі м. Запоріжжя виконана на основі «Схеми вертикального планування території» у масштабі 1:400.

Основними принципами організації рельєфу є: метод проєктування.

Основним завданням є створення нормативних ухилів для безпечного руху пішоходів і транспорту, а також забезпечення ефективного відведення поверхневих стічних вод.

Висотна прив'язка здійснюється з урахуванням результатів вертикального планування методом проєктних горизонталей. Будівля проєктується таким чином, щоб забезпечити ефективне відведення поверхневих вод від її стін. Для запобігання підтопленню фундаментів навколо споруди створюються проєктні ухили (мінімум 1–2%) від фасадів у бік зливової каналізації або газонів.

У зв'язку з тим, що існуючий природний рельєф має ухил у бік будівлі, проєктом передбачено коректування проєктних горизонталей. Це дозволяє змінити напрямок стоку води та відвести її від стін споруди.

Проєктний ухил заданий у протилежну від будівлі сторону. Таким чином, дощові стоки спрямовуються до спеціального лотка, влаштованого на кордонах господарського майданчика.

Згідно з умовними позначеннями схеми, для контролю висотних позначок використовуються наступні дані наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для контролю висотних позначок

Тип позначки	Опис на схемі
Проєктна відмітка	Чисельне значення червоного кольору (над лінією)
Існуюча відмітка	Чисельне значення чорного кольору (під лінією)
Ухил та відстань	Визначають напрямок руху стоків та геометрію поверхні

Вертикальне планування також враховує конструкції дорожнього покриття, зокрема використання асфальтобетону та щебеневих основ, що забезпечує довговічність майданчиків та проїздів при забезпеченні нормативних ухилів.

Відмітки від 33.00 до 38.00 вказують на розробку рельєфу методом проєктних горизонталей для забезпечення природного стоку дощових вод.

Робота проводилася в масштабі 1:400, що дозволило детально посадити об'єкти на топографічну основу Хортицького району.

На плані, рис. 3.5 відображені існуючі (чорні) та проектні (червоні) відмітки рельєфу. Коливання висот на ділянці в межах від 33,00 до 38,00 метрів.

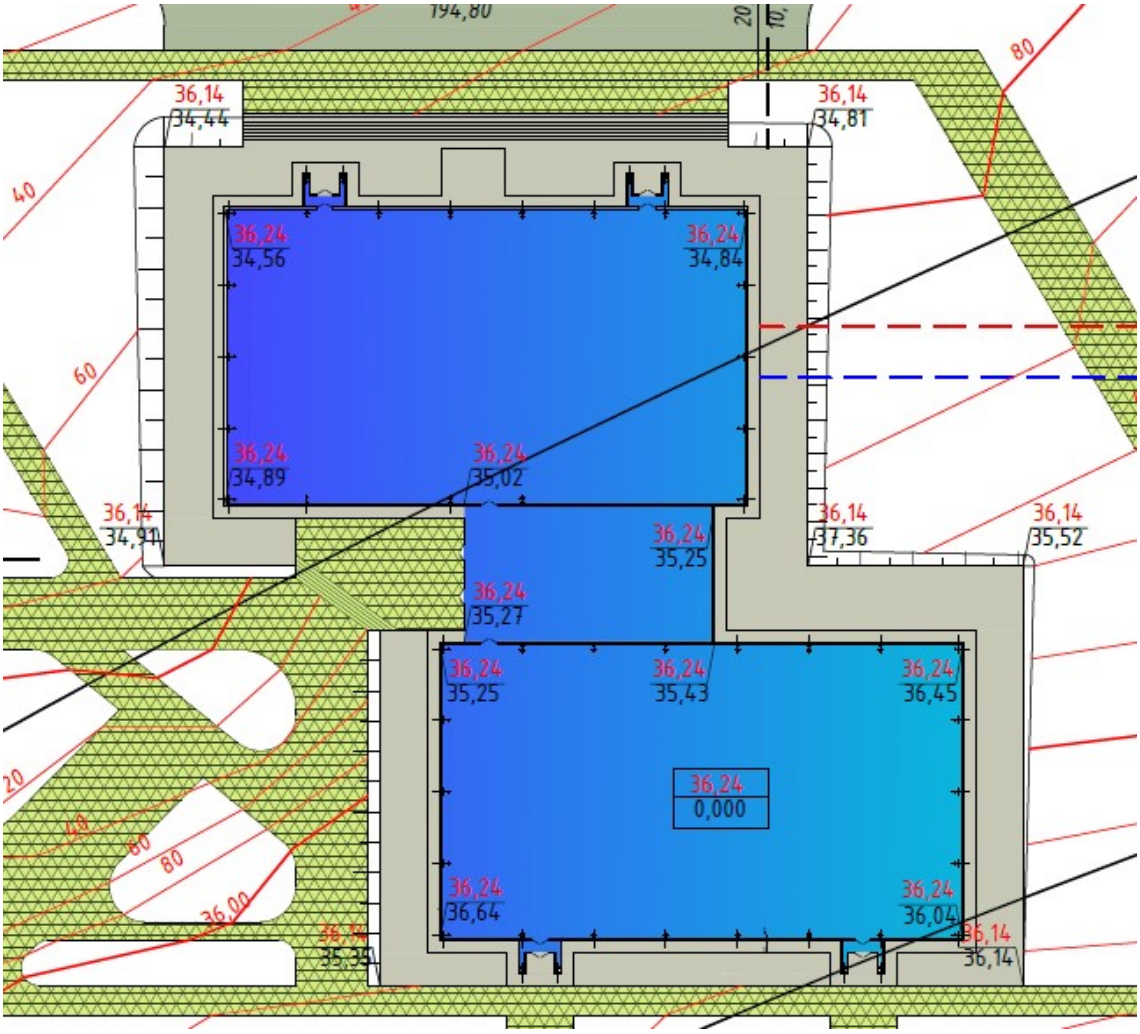


Рисунок 3.5 – Висотна прив'язка будівлі

3.7 Інженерні мережі

Інженерні комунікації на території об’єкта передбачено розміщувати переважно в межах поперечних профілів вулиць і проїздів відповідно до чинних нормативних вимог [16].

Під тротуарами та розділовими смугами інженерні мережі прокладаються у збірних колекторах, що забезпечує зручність їх експлуатації та ремонту. У межах розділових смуг передбачено прокладання теплових мереж, водопроводу, газопроводу, господарсько-побутової та дощової каналізації. Для підвищення ефективності використання підземного простору та зменшення обсягів земляних робіт прокладання інженерних мереж запроєктовано, як правило, суміщеним способом у спільних траншеях.

Джерелом водопостачання будівлі є централізована міська мережа водопроводу. Система водопостачання запроєктована з урахуванням забезпечення таких потреб:

– господарсько-питних – для дотримання санітарно-гігієнічних вимог та забезпечення комфортних умов перебування людей;

– виробничих – для роботи технологічного обладнання та проведення прибирання приміщень;

– протипожежних – для забезпечення внутрішнього та зовнішнього пожежогасіння.

Розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння становить 10,4 л/с. Необхідний мінімальний вільний напір на вводі в будівлю у звичайному режимі експлуатації прийнято 25 м, а під час роботи систем пожежогасіння – 34 м. Для забезпечення стабільної роботи мережі передбачено встановлення запірної арматури, водомірного вузла та необхідного сантехнічного обладнання.

На об’єкті запроєктовано три самостійні системи каналізації:

– побутова для відведення стічних вод від санітарно-побутових приміщень та адміністративних зон;

– виробнича для збору та відведення стоків від технологічного обладнання з попереднім очищенням у локальних жировловлювачах;

– дощова для організованого відведення атмосферних опадів з покрівлі будівлі та прилеглої території.

Відведення стічних вод передбачено у зовнішню централізовану міську мережу каналізації. Внутрішні каналізаційні мережі виконуються з сучасних полімерних труб діаметром від 50 до 150 мм, що характеризуються довговічністю, корозійною стійкістю та простотою монтажу. Для забезпечення надійної експлуатації системи передбачено ревізії, вентиляційні стояки та необхідні заходи для захисту мереж від засмічення й аварійних ситуацій.

Стік дощових та талих вод організований по поверхні проектованих проїздів та тротуарів у бік понижених точок рельєфу з подальшим скиданням у систему зливової каналізації (К).

Для деталізації проектних рішень розроблено поперечні профілі (Розріз 1-1 та Розріз 2-2), що демонструють ухили покриттів та взаємозв'язок елементів благоустрою. Також на схемі відображено трасування основних інженерних комунікацій:

– Водопровід (В) та Каналізація (К).

– Тепломережа (Т).

– Силові кабелі високої та низької напруги.

Проєкт забезпечує баланс земляних мас, мінімізуючи обсяги вивозу або підсипки ґрунту за межі будівельного майданчика. Усі ухили відповідають вимогам інклюзивності для маломобільних груп населення [17].

ВИСНОВКИ

Проєкт фізкультурно-оздоровчого комплексу у Хортицькому районі м. Запоріжжя відповідає сучасним вимогам до громадських будівель спортивно-оздоровчого призначення. Під час проєктування враховано містобудівні, функціональні, архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні вимоги, а також нормативні положення чинних ДБН України.

У проєкті виконано аналіз природно-кліматичних умов району будівництва, обґрунтовано вибір земельної ділянки та прийнято раціональні об’ємно-планувальні рішення. Запроєктована будівля забезпечує комфортні умови для занять спортом, оздоровлення та активного відпочинку різних груп населення. Функціональне зонування комплексу передбачає зручний взаємозв’язок основних, допоміжних та адміністративних приміщень, що сприяє ефективній експлуатації будівлі.

У роботі розроблено конструктивну схему будівлі, підібрано сучасні будівельні матеріали та конструкції, які забезпечують міцність, довговічність і просторову жорсткість споруди. Особливу увагу приділено питанням енергоефективності, теплотехнічним характеристикам огороджувальних конструкцій.

Інженерне забезпечення комплексу включає системи водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції, електропостачання та протипожежного захисту, що відповідають сучасним вимогам безпеки та комфорту. Передбачені заходи з пожежної безпеки, евакуації людей та забезпечення безперешкодного доступу маломобільних груп населення.

У проєкті розроблено рішення з благоустрою та озеленення території, організації транспортного та пішохідного руху, облаштування зон відпочинку й спортивних майданчиків. Запроєктований комплекс сприятиме розвитку спортивної інфраструктури Хортицького району м. Запоріжжя, популяризації здорового способу життя та підвищенню рівня комфорту населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. : [Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ : УкрНДІ проектстальконструкція, 2007. 75 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2022. 23 с.
3. ДБН В.2.2-13-2003 Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди зі зміною №1. [Чинний від 01.03.2004]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2010. 46 с.
4. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність: [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2022. 17 с.
5. ДБН Б.2.2-12:19. Планування та забудова територій. [Чинний з 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2019. 185 с.
6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний з 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2013. 239 с.
7. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Мінрегіон України, 2013. 172 с.
8. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 134 с.
9. ДБН В.2.5-56-2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2011-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011. 137 с.

10. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність: [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2022. 17 с.
11. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2019. 133 с.
12. ДБН В 1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний від 2017-06-01] Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2017. 35 с.
13. ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT). Наказ від 28.05.2012 № 640. [Чинний від 2012–28–05]. Чинний (з урахуванням Поправки № 1:2022).
14. ДБН Б.2.2-5:2011. Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій. [Чинний від 01.09.2012 р.] Вид. офіц. Київ : Мінгегіон України, 2012. 50 с.
15. Закон України "Про благоустрій населених пунктів" [Електронний ресурс] https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text (дата звернення 10.04.2026).
16. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів.: [Чинний від 2018-01-09]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 55с. (Національні стандарти України).
17. ДБН В2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-04-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 64 с.
18. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.
19. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до робочої документації. [прийнято та надано чинності]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 55 с.
20. ДСТУ 3008-2018 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «Укр НДНЦ», 2016. 31с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Зусилля в елементах ферми

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
1	1	1	-6,509	0,361	-0,038
1	1	2	-28,528	2,445	-0,255
1	1	3	-6,509	7,592	-1,556
1	1	4	-26,326	8,744	-1,599
1	2	1	-5,847	0,181	-0,038
1	2	2	-27,865	1,223	-0,255
1	2	3	-5,847	1,922	-0,807
1	2	4	-25,664	2,686	-0,925
1	3	1	-3,79	0	-0,038
1	3	2	-25,808	0	-0,255
1	3	3	-3,79	0	0,042
1	3	4	-23,607	0	-0,161
2	1	1	-6,509	-0,361	0,038
2	1	2	-28,528	-2,445	0,255
2	1	3	-6,509	6,387	-1,235
2	1	4	-26,326	3,837	-0,913
2	2	1	-5,847	-0,181	0,038
2	2	2	-27,865	-1,223	0,255
2	2	3	-5,847	1,795	-0,678
2	2	4	-25,664	0,66	-0,411
2	3	1	-3,79	0	0,038
2	3	2	-25,808	0	0,255
2	3	3	-3,79	0	-0,042
2	3	4	-23,607	0	0,161
4	1	1	-2,577	-0,064	0,352
4	1	2	-17,389	-0,5	2,751
4	1	3	-2,657	-0,064	0,352
4	1	4	-15,979	-0,456	2,512
4	2	1	-2,577	0,163	-0,049
4	2	2	-17,389	1,263	-0,401
4	2	3	-2,657	0,163	-0,049
4	2	4	-15,979	1,153	-0,366
4	3	1	-2,577	-0,211	-0,449
4	3	2	-17,389	-1,704	-3,554
4	3	3	-2,657	-0,21	-0,449
4	3	4	-15,979	-1,555	-3,244
5	1	1	-6,859	-0,227	0,436
5	1	2	-46,379	-1,775	3,403
5	1	3	-6,939	-0,227	0,436
5	1	4	-42,499	-1,62	3,106
5	2	1	-6,859	0,127	0,036
5	2	2	-46,379	0,965	0,25
5	2	3	-6,939	0,127	0,036
5	2	4	-42,499	0,881	0,228

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
5	3	1	-6,859	-0,12	-0,365
5	3	2	-46,379	-1,025	-2,903
5	3	3	-6,939	-0,12	-0,365
5	3	4	-42,499	-0,935	-2,649
6	1	1	-9,698	-0,143	0,404
6	1	2	-65,616	-1,188	3,179
6	1	3	-9,778	-0,143	0,404
6	1	4	-60,096	-1,083	2,901
6	2	1	-9,698	0,163	0,004
6	2	2	-65,616	1,215	0,026
6	2	3	-9,778	0,163	0,004
6	2	4	-60,096	1,11	0,024
6	3	1	-9,698	-0,132	-0,397
6	3	2	-65,616	-1,111	-3,127
6	3	3	-9,778	-0,132	-0,397
6	3	4	-60,096	-1,013	-2,854
7	1	1	-11,129	-0,141	0,405
7	1	2	-75,307	-1,175	3,181
7	1	3	-11,209	-0,141	0,405
7	1	4	-68,961	-1,072	2,903
7	2	1	-11,129	0,166	0,004
7	2	2	-75,307	1,231	0,028
7	2	3	-11,209	0,166	0,004
7	2	4	-68,961	1,124	0,025
7	3	1	-11,129	-0,129	-0,396
7	3	2	-75,307	-1,092	-3,125
7	3	3	-11,209	-0,128	-0,396
7	3	4	-68,961	-0,996	-2,852
8	1	1	-11,129	-0,129	0,396
8	1	2	-75,307	-1,092	3,125
8	1	3	-11,209	-0,128	0,396
8	1	4	-68,961	-0,996	2,852
8	2	1	-11,129	0,166	-0,004
8	2	2	-75,307	1,231	-0,028
8	2	3	-11,209	0,166	-0,004
8	2	4	-68,961	1,124	-0,025
8	3	1	-11,129	-0,141	-0,405
8	3	2	-75,307	-1,175	-3,181
8	3	3	-11,209	-0,141	-0,405
8	3	4	-68,961	-1,072	-2,903
9	1	1	-9,698	-0,132	0,397
9	1	2	-65,616	-1,111	3,127
9	1	3	-9,778	-0,132	0,397
9	1	4	-60,096	-1,013	2,854
9	2	1	-9,698	0,163	-0,004
9	2	2	-65,616	1,215	-0,026
9	2	3	-9,778	0,163	-0,004

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
9	2	4	-60,096	1,11	-0,024
9	3	1	-9,698	-0,143	-0,404
9	3	2	-65,616	-1,188	-3,179
9	3	3	-9,778	-0,143	-0,404
9	3	4	-60,096	-1,083	-2,901
10	1	1	-6,859	-0,12	0,365
10	1	2	-46,379	-1,025	2,903
10	1	3	-6,939	-0,12	0,365
10	1	4	-42,499	-0,935	2,649
10	2	1	-6,859	0,127	-0,036
10	2	2	-46,379	0,965	-0,25
10	2	3	-6,939	0,127	-0,036
10	2	4	-42,499	0,881	-0,228
10	3	1	-6,859	-0,227	-0,436
10	3	2	-46,379	-1,775	-3,403
10	3	3	-6,939	-0,227	-0,436
10	3	4	-42,499	-1,62	-3,106
11	1	1	-2,577	-0,211	0,449
11	1	2	-17,389	-1,704	3,554
11	1	3	-2,657	-0,21	0,449
11	1	4	-15,979	-1,555	3,244
11	2	1	-2,577	0,163	0,049
11	2	2	-17,389	1,263	0,401
11	2	3	-2,657	0,163	0,049
11	2	4	-15,979	1,153	0,366
11	3	1	-2,577	-0,064	-0,352
11	3	2	-17,389	-0,5	-2,751
11	3	3	-2,657	-0,064	-0,352
11	3	4	-15,979	-0,456	-2,512
13	1	1	4,32	0,064	-0,029
13	1	2	29,032	0,5	-0,28
13	1	3	4,319	0,064	-0,029
13	1	4	26,56	0,456	-0,255
13	2	1	4,301	0,02	-0,042
13	2	2	29,013	0,141	-0,294
13	2	3	4,301	0,02	-0,042
13	2	4	26,542	0,129	-0,269
13	3	1	4,283	-0,042	-0,056
13	3	2	28,995	-0,235	-0,307
13	3	3	4,283	-0,042	-0,056
13	3	4	26,524	-0,215	-0,282
14	1	1	4,32	0,064	-0,029
14	1	2	29,032	0,5	-0,28
14	1	3	4,319	0,064	-0,029
14	1	4	26,56	0,456	-0,255
14	2	1	4,301	0,02	-0,042
14	2	2	29,013	0,141	-0,294

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
14	2	3	4,301	0,02	-0,042
14	2	4	26,542	0,129	-0,269
14	3	1	4,283	-0,042	-0,056
14	3	2	28,995	-0,235	-0,307
14	3	3	4,283	-0,042	-0,056
14	3	4	26,524	-0,215	-0,282
15	1	1	5,101	-0,045	0,065
15	1	2	34,737	-0,246	0,212
15	1	3	5,101	-0,045	0,065
15	1	4	31,773	-0,226	0,197
15	2	1	5,101	0,018	0,021
15	2	2	34,737	0,039	0,168
15	2	3	5,101	0,019	0,021
15	2	4	31,773	0,037	0,153
15	3	1	5,101	0,017	-0,023
15	3	2	34,737	0,258	0,124
15	3	3	5,101	0,017	-0,023
15	3	4	31,773	0,234	0,11
16	1	1	8,616	-0,005	0,052
16	1	2	58,546	0,104	0,097
16	1	3	8,616	-0,005	0,052
16	1	4	53,553	0,093	0,092
16	2	1	8,616	0,04	0,008
16	2	2	58,546	0,217	0,053
16	2	3	8,616	0,04	0,008
16	2	4	53,553	0,199	0,048
16	3	1	8,616	0,02	-0,036
16	3	2	58,546	0,263	0,009
16	3	3	8,616	0,02	-0,036
16	3	4	53,553	0,239	0,005
17	1	1	10,762	0,006	0,048
17	1	2	73,083	0,171	0,061
17	1	3	10,762	0,006	0,048
17	1	4	66,851	0,154	0,06
17	2	1	10,762	0,045	0,004
17	2	2	73,083	0,229	0,017
17	2	3	10,762	0,045	0,004
17	2	4	66,851	0,211	0,016
17	3	1	10,762	0,018	-0,04
17	3	2	73,083	0,222	-0,027
17	3	3	10,762	0,018	-0,04
17	3	4	66,851	0,202	-0,028
19	1	1	10,762	0,018	0,04
19	1	2	73,083	0,222	0,027
19	1	3	10,762	0,018	0,04
19	1	4	66,851	0,202	0,028
19	2	1	10,762	0,045	-0,004

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
19	2	2	73,083	0,229	-0,017
19	2	3	10,762	0,045	-0,004
19	2	4	66,851	0,211	-0,016
19	3	1	10,762	0,006	-0,048
19	3	2	73,083	0,171	-0,061
19	3	3	10,762	0,006	-0,048
19	3	4	66,851	0,154	-0,06
20	1	1	8,616	0,02	0,036
20	1	2	58,546	0,263	-0,009
20	1	3	8,616	0,02	0,036
20	1	4	53,553	0,239	-0,005
20	2	1	8,616	0,04	-0,008
20	2	2	58,546	0,217	-0,053
20	2	3	8,616	0,04	-0,008
20	2	4	53,553	0,199	-0,048
20	3	1	8,616	-0,005	-0,052
20	3	2	58,546	0,104	-0,097
20	3	3	8,616	-0,005	-0,052
20	3	4	53,553	0,093	-0,092
21	1	1	5,101	0,017	0,023
21	1	2	34,737	0,258	-0,124
21	1	3	5,101	0,017	0,023
21	1	4	31,773	0,234	-0,11
21	2	1	5,101	0,018	-0,021
21	2	2	34,737	0,039	-0,168
21	2	3	5,101	0,019	-0,021
21	2	4	31,773	0,037	-0,153
21	3	1	5,101	-0,045	-0,065
21	3	2	34,737	-0,246	-0,212
21	3	3	5,101	-0,045	-0,065
21	3	4	31,773	-0,226	-0,197
22	1	1	-4,155	0,004	0,008
22	1	2	-28,496	0,011	0,005
22	1	3	-4,155	0,004	0,008
22	1	4	-26,062	0,01	0,006
22	2	1	-4,137	0,005	-0,006
22	2	2	-28,478	0,009	-0,008
22	2	3	-4,137	0,005	-0,006
22	2	4	-26,044	0,009	-0,008
22	3	1	-4,119	-0,011	-0,019
22	3	2	-28,46	-0,01	-0,022
22	3	3	-4,119	-0,011	-0,019
22	3	4	-26,026	-0,01	-0,022
23	1	1	2,996	0,006	0,002
23	1	2	19,777	0,061	-0,039
23	1	3	2,996	0,006	0,002
23	1	4	18,099	0,055	-0,035

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
23	2	1	2,984	0,003	-0,007
23	2	2	19,765	0,006	-0,048
23	2	3	2,984	0,003	-0,007
23	2	4	18,087	0,006	-0,044
23	3	1	2,972	-0,011	-0,016
23	3	2	19,753	-0,06	-0,057
23	3	3	2,971	-0,011	-0,016
23	3	4	18,074	-0,055	-0,053
24	1	1	-2,865	0,01	1,842e-004
24	1	2	-19,784	0,094	-0,053
24	1	3	-2,865	0,01	1,52e-004
24	1	4	-18,092	0,086	-0,048
24	2	1	-2,853	0,005	-0,009
24	2	2	-19,772	0,023	-0,062
24	2	3	-2,853	0,005	-0,009
24	2	4	-18,08	0,021	-0,057
24	3	1	-2,841	-0,012	-0,018
24	3	2	-19,76	-0,06	-0,071
24	3	3	-2,841	-0,012	-0,018
24	3	4	-18,068	-0,056	-0,066
25	1	1	1,866	0,012	3,78e-004
25	1	2	12,141	0,102	-0,05
25	1	3	1,866	0,012	4,081e-004
25	1	4	11,114	0,093	-0,045
25	2	1	1,854	0,007	-0,009
25	2	2	12,129	0,034	-0,059
25	2	3	1,854	0,007	-0,009
25	2	4	11,102	0,031	-0,054
25	3	1	1,842	-0,01	-0,018
25	3	2	12,117	-0,045	-0,068
25	3	3	1,842	-0,01	-0,018
25	3	4	11,09	-0,041	-0,063
26	1	1	-1,72	0,004	0,006
26	1	2	-12,008	0,047	-0,009
26	1	3	-1,72	0,004	0,006
26	1	4	-10,979	0,043	-0,008
26	2	1	-1,708	0,006	-0,003
26	2	2	-11,996	0,03	-0,018
26	2	3	-1,707	0,006	-0,003
26	2	4	-10,967	0,028	-0,017
26	3	1	-1,695	-0,003	-0,012
26	3	2	-11,984	0,002	-0,027
26	3	3	-1,695	-0,003	-0,012
26	3	4	-10,955	0,001	-0,026
27	1	1	0,681	0,006	0,005
27	1	2	4,098	0,067	-0,025
27	1	3	0,681	0,006	0,005

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
27	1	4	3,756	0,061	-0,022
27	2	1	0,669	0,006	-0,004
27	2	2	4,086	0,03	-0,034
27	2	3	0,669	0,006	-0,004
27	2	4	3,744	0,028	-0,031
27	3	1	0,657	-0,005	-0,013
27	3	2	4,074	-0,018	-0,043
27	3	3	0,657	-0,005	-0,013
27	3	4	3,732	-0,017	-0,04
28	1	1	-0,53	0,001	0,009
28	1	2	-3,817	0,036	0,005
28	1	3	-0,53	0,001	0,009
28	1	4	-3,488	0,032	0,006
28	2	1	-0,518	0,007	2,047e-005
28	2	2	-3,805	0,037	-0,004
28	2	3	-0,518	0,007	1,407e-006
28	2	4	-3,476	0,034	-0,003
28	3	1	-0,506	0,001	-0,009
28	3	2	-3,793	0,026	-0,013
28	3	3	-0,506	0,001	-0,009
28	3	4	-3,464	0,024	-0,012
29	1	1	-0,506	0,001	0,009
29	1	2	-3,793	0,026	0,013
29	1	3	-0,506	0,001	0,009
29	1	4	-3,464	0,024	0,012
29	2	1	-0,518	0,007	-2,047e-005
29	2	2	-3,805	0,037	0,004
29	2	3	-0,518	0,007	-1,407e-006
29	2	4	-3,476	0,034	0,003
29	3	1	-0,53	0,001	-0,009
29	3	2	-3,817	0,036	-0,005
29	3	3	-0,53	0,001	-0,009
29	3	4	-3,488	0,032	-0,006
30	1	1	0,657	-0,005	0,013
30	1	2	4,074	-0,018	0,043
30	1	3	0,657	-0,005	0,013
30	1	4	3,732	-0,017	0,04
30	2	1	0,669	0,006	0,004
30	2	2	4,086	0,03	0,034
30	2	3	0,669	0,006	0,004
30	2	4	3,744	0,028	0,031
30	3	1	0,681	0,006	-0,005
30	3	2	4,098	0,067	0,025
30	3	3	0,681	0,006	-0,005
30	3	4	3,756	0,061	0,022
31	1	1	-1,695	-0,003	0,012
31	1	2	-11,984	0,002	0,027

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
31	1	3	-1,695	-0,003	0,012
31	1	4	-10,955	0,001	0,026
31	2	1	-1,708	0,006	0,003
31	2	2	-11,996	0,03	0,018
31	2	3	-1,707	0,006	0,003
31	2	4	-10,967	0,028	0,017
31	3	1	-1,72	0,004	-0,006
31	3	2	-12,008	0,047	0,009
31	3	3	-1,72	0,004	-0,006
31	3	4	-10,979	0,043	0,008
32	1	1	1,842	-0,01	0,018
32	1	2	12,117	-0,045	0,068
32	1	3	1,842	-0,01	0,018
32	1	4	11,09	-0,041	0,063
32	2	1	1,854	0,007	0,009
32	2	2	12,129	0,034	0,059
32	2	3	1,854	0,007	0,009
32	2	4	11,102	0,031	0,054
32	3	1	1,866	0,012	-3,78e-004
32	3	2	12,141	0,102	0,05
32	3	3	1,866	0,012	-4,081e-004
32	3	4	11,114	0,093	0,045
33	1	1	-2,841	-0,012	0,018
33	1	2	-19,76	-0,06	0,071
33	1	3	-2,841	-0,012	0,018
33	1	4	-18,068	-0,056	0,066
33	2	1	-2,853	0,005	0,009
33	2	2	-19,772	0,023	0,062
33	2	3	-2,853	0,005	0,009
33	2	4	-18,08	0,021	0,057
33	3	1	-2,865	0,01	-1,842e-004
33	3	2	-19,784	0,094	0,053
33	3	3	-2,865	0,01	-1,52e-004
33	3	4	-18,092	0,086	0,048
34	1	1	2,972	-0,011	0,016
34	1	2	19,753	-0,06	0,057
34	1	3	2,971	-0,011	0,016
34	1	4	18,074	-0,055	0,053
34	2	1	2,984	0,003	0,007
34	2	2	19,765	0,006	0,048
34	2	3	2,984	0,003	0,007
34	2	4	18,087	0,006	0,044
34	3	1	2,996	0,006	-0,002
34	3	2	19,777	0,061	0,039
34	3	3	2,996	0,006	-0,002
34	3	4	18,099	0,055	0,035
35	1	1	-4,119	-0,011	0,019

Номер ел-та	Номер перетину.	Номер завантаж	Значення		
			N	M	Q
35	1	2	-28,46	-0,01	0,022
35	1	3	-4,119	-0,011	0,019
35	1	4	-26,026	-0,01	0,022
35	2	1	-4,137	0,005	0,006
35	2	2	-28,478	0,009	0,008
35	2	3	-4,137	0,005	0,006
35	2	4	-26,044	0,009	0,008
35	3	1	-4,155	0,004	-0,008
35	3	2	-28,496	0,011	-0,005
35	3	3	-4,155	0,004	-0,008
35	3	4	-26,062	0,01	-0,006
36	1	1	11,477	0,012	0,048
36	1	2	77,848	0,168	0,15
36	1	3	11,477	0,012	0,048
36	1	4	71,211	0,153	0,139
36	2	1	11,477	0,04	0,026
36	2	2	77,848	0,272	0,128
36	2	3	11,477	0,04	0,026
36	2	4	71,211	0,249	0,117
36	3	1	11,477	0,052	0,005
36	3	2	77,848	0,36	0,106
36	3	3	11,477	0,052	0,004
36	3	4	71,211	0,329	0,096
37	1	1	11,477	0,052	-0,005
37	1	2	77,848	0,36	-0,106
37	1	3	11,477	0,052	-0,004
37	1	4	71,211	0,329	-0,096
37	2	1	11,477	0,04	-0,026
37	2	2	77,848	0,272	-0,128
37	2	3	11,477	0,04	-0,026
37	2	4	71,211	0,249	-0,117
37	3	1	11,477	0,012	-0,048
37	3	2	77,848	0,168	-0,15
37	3	3	11,477	0,012	-0,048
37	3	4	71,211	0,153	-0,139
38	1	1	0,005	-3,538e-017	2,35e-017
38	1	2	-0,197	-2,306e-016	2,864e-016
38	1	3	0,006	-2,518e-016	2,123e-016
38	1	4	-0,177	-4,059e-016	4,301e-016
38	2	1	-0,002	-1,188e-017	2,35e-017
38	2	2	-0,205	5,578e-017	2,864e-016
38	2	3	-0,001	-3,948e-017	2,123e-016
38	2	4	-0,184	2,417e-017	4,301e-016
38	3	1	-0,009	1,162e-017	2,35e-017
38	3	2	-0,212	3,422e-016	2,864e-016
38	3	3	-0,009	1,729e-016	2,123e-016
38	3	4	-0,191	4,542e-016	4,301e-016