

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 фізкультурно-спортивного комплексу в місті Дніпро.

Виконала: студентка 4 курсу, групи МБ-41

спеціальності

192. Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Студент

(підпис)

Ковач В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Чорномаз. Н. Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мещерякова О. М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ясний В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Качка О. І.

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студентки Ковач Вікторії Віталіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проєкт фізкультурно-спортивного комплексу в місті Дніпро

Керівник роботи Чорномаз Наталія Юріївна к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » 01 2025 року № 4/7-48

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	проф. каф. МТ Барановський Віктор Миколайович.		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М. ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студентка

(підпис)

Ковач В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чорномаз Н. Ю.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Характеристика об'єкта будівництва	8
1.2 Вихідні дані та умови для підготовки проектної документації на об'єкт капітального будівництва.....	8
1.3 Відомості про функціональне призначення об'єкта капітального будівництва, склад і характеристику виробництва, номенклатуру продукції (робіт, послуг), що випускається	9
1.4 Техніко-економічні показники проєктованих об'єктів капітального будівництва, що проєктуються	9
1.5 Схема планувальної організації земельної ділянки.....	10
1.5.1 Характеристика земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва.....	10
1.6 Архітектурні рішення	10
1.6.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	10
1.7 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва	11
1.8 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень у частині забезпечення відповідності будівель, будівель і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності (за винятком будівель, будівель, споруд, на які вимоги енергетичної ефективності не поширюються)	12
1.9 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу	13
1.10 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей.....	13
1.11 Опис рішень з декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів	

- для об'єктів не виробничого призначення.....	13
1.12 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення.....	14
1.12.1 Оздоблення стін	14
1.12.2 Оздоблення стель	14
1.12.3 Підлоги	15
1.13 Конструктивні рішення	15
1.13.1 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель і споруд, включно з їхніми просторовими схемами, прийнятими під час виконання розрахунків будівельних конструкцій	15
1.13.2 Опис та обґрунтування технічних рішень, що забезпечують необхідну міцність, стійкість, просторову незмінюваність будівель і споруд об'єкта капітального будівництва загалом, а також їхніх окремих конструктивних елементів, вузлів, деталей у процесі виготовлення, перевезення, будівництва та експлуатації об'єкта капітального будівництва	16
1.13.3 Обґрунтування проектних рішень і заходів, що забезпечують: дотримання необхідних теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій	17
1.13.4 Забезпечення зниження шуму і вібрацій	17
1.13.5 Забезпечення гідроізоляції та пароізоляції приміщень.....	17
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ...	18
2.1 Конструктивні рішення	18
2.2 Розрахунок прогону	18
2.3 Розрахунок поперечної рами.....	25
2.3.1 Вибір розрахункової схеми поперечної рами.....	26
2.3.2 Збір навантажень на поперечну раму.....	26
2.3.3 Статичний розрахунок рами	34
2.4 Розрахунок і конструювання балки покриття	34
2.4.1 Статичний розрахунок балки покриття	36
2.4.2 Конструктивний розрахунок балки покриття.....	37
2.4.3 Розрахунок опорної частини балки покриття.....	43

2.5 Розрахунок і конструювання колони K1	45
2.6 Результати розрахунку поперечної рами в ПК "SCAD"	49
РОЗДІЛ 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	54
БІБЛІОГРАФІЯ.....	55

ВСТУП

Проектування об'єктів спортивної інфраструктури є важливим напрямом у сучасному містобудуванні, оскільки забезпечує належні умови для занять фізичною культурою та проведення змагань. У цій кваліфікаційній роботі розглянуто проектування одноповерхової будівлі спортивного комплексу в місті Дніпро, що включає архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерно-технічні рішення. Об'єкт передбачає наявність великого спортивного залу, адміністративно-побутового блоку, а також залів для занять загальною фізичною підготовкою.

Актуальність роботи

Зростання попиту на якісну спортивну інфраструктуру вимагає створення ефективних проєктних рішень, які забезпечують енергозбереження, комфорт, функціональність та відповідність нормативам. Актуальність теми зумовлена необхідністю впровадження сучасних технологій у проектуванні громадських будівель з урахуванням енергоефективності, екологічності та економічної доцільності.

Мета роботи.

Розроблення архітектурно-будівельного проєкту спортивного комплексу, включно з конструктивними рішеннями та розрахунком несучих елементів будівлі.

Завдання кваліфікаційної роботи

- розробити функціональне, просторове та планувальне рішення спортивного комплексу;
- визначити оптимальні архітектурні та конструктивні рішення;
- Виконати статичний і конструктивний розрахунок основних несучих елементів (балок, рам, колон);
- здійснити аналіз зусиль у конструкціях із використанням ПК SCAD;
- розробити заходи з охорони праці безпеки життєдіяльності.

Практичне значення одержаних результатів

Результати проектування можуть бути використані як приклад типової будівлі спортивного призначення, адаптованої до місцевих кліматичних умов. Отримані розрахунки та конструктивні рішення є базою для реалізації аналогічних об'єктів у майбутньому.

Ключові слова: спортивний комплекс, каркасна конструкція, балки, колони, архітектурне проектування.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Характеристика об'єкта будівництва

Об'єкт являє собою нове будівництво одноповерхової будівлі спортивного комплексу м. Дніпро з необхідним набором допоміжних приміщень.

Будівля об'ємно складається з двох частин: спортивний зал і блок адміністративно-побутових приміщень.

Розмір будівлі в осях 35,8 x 45,18 м.

Розмір спортивного залу в будівельних осях 24,3 x 42,6 м.

Висота до низу будівельних конструкцій у залі мінімальна 8м, максимальна 8,59м.

Також проєктом передбачено додатково розміщення двох залів для загальної фізичної підготовки.

Основні конструкції будівлі: фундаменти - палі буронабивні, несучі конструкції - колони металеві суцільного двотаврового профілю, несучі конструкції покриття - балки металеві суцільного двотаврового профілю, стінові огорожі - тришарові панелі, прогони, покриття по профільованому настилу.

1.2 Вихідні дані та умови для підготовки проєктної документації на об'єкт капітального будівництва

Вихідними даними та умовами для підготовки проєктної документації є:

- завдання на проєктування об'єкта капітального будівництва;
- технічний звіт за виконаними інженерно-геодезичними вишукуваннями;
- звіт з інженерно-геологічних вишукувань;
- звіт з інженерно-екологічних вишукувань;
- технічні умови на інженерне забезпечення.

1.3 Відомості про функціональне призначення об'єкта капітального будівництва, склад і характеристику виробництва, номенклатуру продукції (робіт, послуг), що випускається

Функціональне призначення об'єкта капітального будівництва - об'єкт невикробничого призначення (будівлі, споруди житлового призначення).

Фонду, соціально-культурного та комунально-побутового призначення, а також інші об'єкти капітального будівництва невикробничого призначення).

Спортивний комплекс призначений для проведення навчально-тренувального процесу та змагань з міні-футболу та інших спортивних ігор, а також занять груп здоров'я із загальнофізичної підготовки.

Одночасно займаються в спортзалі - 24 особи в режимі навчально-тренувальному, 48 осіб - під час змагань. Найбільша кількість людей, які одночасно перебувають у спортивній залі під час змагань, - 98 осіб (48 спортсменів, 40 відвідувачів, 10 осіб (тренери, судді, обслуговуючий персонал). Одночасно займаються в залах ОФП і тренажерному - по 12 осіб. - у режимі навчально-тренувальному, під час змагань зали не використовуються.

1.4 Техніко-економічні показники проєктованих об'єктів капітального будівництва, що проєктуються

Таблиця 1.1 - Техніко-економічні показники проєктованих об'єктів капітального будівництва, що проєктуються

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Усього
1	2	3	4
1.	Кількість співробітників Кількість відвідувачів під час змагань	люди.	10 88
2.	Площа ділянки: у межах проєктування у межах землекористування	м ²	13425 24696,00
3.	Площа забудови	м ²	1647,8
4.	Загальна площа будівлі	м ²	1578

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
5.	Корисна площа	м ²	1509,3
6.	Розрахункова площа	м ²	1421,5
7.	Будівельний обсяг	м ³	12511,4
8.	Поверховість	поверх	1
9.	Кількість поверхів	поверх	1

1.5 Схема планувальної організації земельної ділянки

1.5.1 Характеристика земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва

Земельна ділянка, надана для будівництва спортивного комплексу, розташована м. Дніпро.

Ділянка будівництва розташована в 1 кліматичному районі [3]. Сейсмічність майданчика будівництва - 6 балів. Переважаючий напрямок вітру - південно-західний [3].

Товща ґрунтів основи представлена сучасними делювіальними відкладами четвертинного віку. Делювіальні відклади представлені глинистими ґрунтами-суглинками від твердої до тугопластичної консистенції та супіщам від твердої до пластичної консистенції з включеннями дривисини та щебеню. У межах майданчика встановлено ґрунти, що мають просадні властивості. Ґрунтові умови за просадковістю I типу. У межах майданчика на період вишукувань водоносний горизонт підземних вод не розкрито.

1.6 Архітектурні рішення

1.6.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації

Будівля об'ємно і функціонально складається з двох частин: спортивний зал і блок адміністративно-побутових приміщень.

Розмір будівлі в осях 35,8 x 45,18 м. Розмір спортивного залу в будівельних осях 24,3 x 42,6 м. Висота до низу будівельних конструкцій у залі мінімальна 8м, максимальна 8,59м. Також проєктом передбачено додатково розміщення двох залів для загальної фізичної підготовки.

За позначку 0,000 прийнято позначку чистої підлоги, що відповідає абсолютній позначці 278,40.

Вхід у будівлю розташований по осі А, 8-9.

Будівля опалювальна - розрахункова температура внутрішнього повітря в залі +18°C і +20 °C в інших приміщеннях, душові та роздягальні для МГН +24 °C [23].

В адміністративно-побутовій частині (в осях 1-10/А-В, 1-2/В-Г) розміщено: вестибюль із тамбуром, кабінет лікаря, кабінет адміністратора, універсальну сан. кабінку, 4 роздягальні на 12 осіб кожна із санвузлами, душовими та роздягальнями для МГН, кімнату прибирального інвентарю, тренерську із санвузлом, технічні приміщення. Висота приміщень адміністративно-побутової частини (в осях 1-10/А-В) - 2,7-3,3 м.

Архітектура будівлі відповідає вимогам [23]. Просторова, планувальна та функціональна організація обумовлена функціональним призначенням будівлі - спортивна зала.

1.7 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва

Архітектурно-художні рішення прийняті з умови застосування технології швидкокомонтованих будівель і горизонтальної розкладки сендвіч-панелей.

Об'єкт запроектовано відповідно до вимог містобудівного плану, зокрема в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва.

Як зовнішнє оздоблення фасадів будівлі слугують навісні сендвіч-панелі зі зносостійким покриттям, нанесеним у заводських умовах. Застосовано панелі трьох кольорів: RAL2008 (помаранчевий), RAL7037 (сірий), RAL9002 (світло-

сірий).

Цоколь облицьований плиткою з керамограніту 600X600 мм сірого кольору. Загальне колірне рішення представлено на аркушах графічної частини. Основний композиційний прийом - застосування різнокольорового облицювання фасадів у поєднанні з простою раціональною формою будівлі.

Внутрішнє оздоблення приміщень виконано відповідно до їх функціонального призначення та гігієнічних нормативів.

Колір облицювальних матеріалів стін світлих теплих тонів. Колір стель - білий, підлог - світло-сірий. Опалювальні прилади та несучі конструкції в спортивній залі, тренажерній залі та залі для заняття танцями та ОФП закриті щитами, колір - "Клен".

1.8 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень у частині забезпечення відповідності будівель, будівель і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності (за винятком будівель, будівель, споруд, на які вимоги енергетичної ефективності не поширюються)

Під час розроблення проєкту здійснено вибір оптимальних архітектурних, функціонально-технологічних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, які забезпечують відповідність будівлі вимогам енергетичної ефективності та вимогам оснащеності її приладами обліку енергетичних ресурсів, що споживають. Прийняті рішення відповідають вимогам [21].

Як архітектурні рішення, що забезпечують дотримання вимог енергетичної ефективності, було реалізовано такі заходи: створення замкнутої теплової оболонки будівлі за допомогою застосування ефективних утеплювачів; проєктування тамбурів при входах у будівлю; використання доводчиків зовнішніх дверей.

1.9 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу

Для захисту від шуму передбачено звукоізоляцію в огорожувальних конструкціях.

Вентиляційне обладнання передбачено з віброізоляцією і в шумоізоляційному виконанні.

Для зниження рівня шуму від вентиляційного обладнання, яке працює, передбачають такі заходи: встановлення шумоглушників; підключення повітропроводів до вентиляторів за допомогою гнучких вставок.

Додаткових заходів щодо захисту від шуму не потрібно.

1.10 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей

Для приміщень із постійним перебуванням людей передбачено природне освітлення. Вікна виконані блоками з полівінілхлоридних профілів із заповненням двокамерним склопакетом 4M1-12Ar-4M1-12Ar-I4 за [22].

1.11 Опис рішень з декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів - для об'єктів не виробничого призначення

Під час проєктування внутрішнього оздоблення приміщень враховано різноманіття властивостей, які впливають на якість художнього сприйняття простору і колірної гами людиною: функціональну особливість приміщення, якість будівельного матеріалу тощо. Стіни та стелі приміщень виконано в єдиній колірній гамі.

1.12 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення

Оздоблювальні матеріали повинні мати санітарно-епідеміологічний висновок.

1.12.1 Оздоблення стін

Внутрішня поверхня сендвіч-панелей передбачена з покриттям заводської готовності колір RAL9003 і не потребує додаткового оздоблення.

Внутрішня поверхня цокольної частини оштукатурюється і фарбується забарвленням Caparol, у приміщеннях роздягалень і санвузлів оздоблюється керамічною плиткою.

Перегородки прийнято системи "KNAUF" із ГВЛ із забарвленням Caparol.

Перегородки приміщень санвузлів, душових, роздягалень для МГН, кімнати прибирального інвентарю прийняті системи "KNAUF" з ГВЛВ з облицюванням керамічною плиткою на всю висоту.

Перегородки приміщень роздягалень прийняті системи "KNAUF" із ГВЛВ із забарвленням Caparol.

1.12.2 Оздоблення стель

Стелі тренажерного залу та залу для заняття танцями і ОФП, кабінетів і тренерської, коридор, роздягальні та санвузли - збірна підвісна система Armstrong із заповненням стельовими плитами "Armstrong". Стелі вестибюля - ГВЛ із забарвленням Caparol білого кольору. Стелі в душових і роздягальнях для МГН - підвісні рейкові стелі.

1.12.3 Підлоги

Підлоги вхідного тамбура, вестибюля і коридору виконуються з керамогранітної плитки 600X600мм. Підлоги санвузлів, душових, роздягалень і КУІ оздоблюються керамічною плиткою 300X300мм.

Підлоги кабінетів і тренерської - гетерогенний лінолеум. Підлоги в спортивному залі - паркет із покриттям лаком.

Підлоги в залі для занять танцями та ОФП - Спортивна паркетна дошка. Підлоги в тренажерному залі - синтетичне рулонне покриття.

У роздягальнях, душових і роздягальнях для МГН передбачені підлоги, що обігріваються. Експлікацію підлог складено відповідно до вимог [24].

1.13 Конструктивні рішення

1.13.1 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель і споруд, включно з їхніми просторовими схемами, прийнятими під час виконання розрахунків будівельних конструкцій

Конструктивні рішення будівель і споруд прийняті відповідно до технологічних, архітектурних та об'ємно-планувальних рішень з урахуванням інженерно-геологічних умов майданчика будівництва. Будинки і споруди запроектовані відповідно до вимог будівельних, протипожежних і санітарно-гігієнічних норм і правил.

Будівля складається з 3х об'ємів: однопролітний одноповерховий каркас в осях 3-10/В-Ж; багатопролітний каркас в осях 1-10/А-В; однопролітна прибудова по осі 1-3/В-Ж.

Усі каркаси без кранового обладнання.

Однопролітний одноповерховий каркас в осях 3-10/В-Ж.Металевий каркас складається з поперечних односхилих рам за цифровими осями прольотом 24,3 м. Крок рам - 6, 6,6 м. Мінімальна відмітка низу ригелів 8,000 м.

Багатопролітний каркас в осях 1-10/А-В.Металевий каркас складається з

поперечних рам прольотом 3,0;6,0;6,6;6,6;8,5м. Крок рам - 6, 8,5 м. Мінімальна відмітка низу ригелів 3,420 м.

Розрахунок каркаса і конструювання зроблено відповідно до вимог [2].

Фундаменти під каркас виконані з буронабивних паль діаметром 320 мм завдовжки 17,24 м з бетону В25, F150, W6. Ростверки виконані висотою 450 мм з бетону В25, F150, W4, армовані арматурою А500С. Плита підлоги товщиною 150, 200 мм із розширеннями до 350 мм виконана з бетону В25, F150, W4 і армована арматурою А500С.

В адміністративному відношенні майданчик вишукувань розташований в, м. Дніпро.

Згідно з [3] об'єкт вишукувань належить: до кліматичного району І; до найменш суворих умов 1; клімат району помірний. Зона вологості: суха.

Водоносний горизонт підземних вод природно-техногенного генезису на період вишукувань до розвіданої глибини 6,0-30,0 м не розкрито.

У період будівництва та експлуатації споруди не виключено утворення водоносного горизонту спорадичного поширення типу "верховодка", за рахунок поступового накопичення вологи під час інфільтрації атмосферних опадів, у разі порушення умов поверхневого стоку, а також за рахунок інфільтрації техногенних вод, у разі витоків із водонесучих комунікацій.

1.13.2 Опис та обґрунтування технічних рішень, що забезпечують необхідну міцність, стійкість, просторову незмінюваність будівель і споруд об'єкта капітального будівництва загалом, а також їхніх окремих конструктивних елементів, вузлів, деталей у процесі виготовлення, перевезення, будівництва та експлуатації об'єкта капітального будівництва

Однопролітний одноповерховий каркас в осях 3-10/В-Ж. Стійкість каркаса в поздовжньому і поперечному напрямку забезпечується вертикальними зв'язками по колонах.

Стійкість покриття забезпечується горизонтальними диском покриття з

профільованого листа. Багатопролітний каркас в осях 1-10/А-В. Стійкість каркаса в поздовжньому і поперечному напрямі забезпечується вертикальними зв'язками по колонах і жорстким защемленням колон у фундаментах. Стійкість покриття забезпечується жорстким диском із профільованого листа. Розрахунок каркаса і конструювання зроблено відповідно до вимог [2].

1.13.3 Обґрунтування проектних рішень і заходів, що забезпечують: дотримання необхідних теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій

Проектні рішення і заходи, що забезпечують дотримання необхідних теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій, прийняті згідно з [21].

1.13.4 Забезпечення зниження шуму і вібрацій

Для захисту від шуму передбачена звукоізоляція в огорожувальних конструкціях. Вентиляційне обладнання передбачено з віброізоляцією і в шумоізоляційному виконанні. Додаткових заходів щодо захисту від шуму не потрібно. Для зниження рівня шуму від вентиляційного обладнання, що працює, передбачають такі заходи: установлення шумоглушників; підключення повітропроводів до вентиляторів за допомогою гнучких вставок.

1.13.5 Забезпечення гідроізоляції та пароізоляції приміщень

Покриття покрівлі - ПВХ мембрана Logicroof. Для захисту фундаменту будівлі прийнято бетонне вимощення шириною 1.5 метра по ущільненому ґрунту з утепленням екструдованим пінополістиролом. Під час влаштування укосів у дверних і віконних отворах передбачено пароізоляцію. У приміщеннях із мокрими процесами в конструкції підлоги застосовується гідроізоляція.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1 Конструктивні рішення

Будівля складається з 3 обсягів: однопролітний одноповерховий каркас в осях 3-10/В-Ж; багатопролітний каркас в осях 1-10/А-В; однопролітна прибудова по осі 1-3/В-Ж.

Усі каркаси без кранового обладнання. Будівля опалювальна.

Однопролітний одноповерховий каркас в осях 3-10/В-Ж. Металевий каркас складається з поперечних односхилих рам за цифровими осями прольотом 24,3 м. Крок рам - 6,0; 6,6 м. Мінімальна відмітка низу ригелів 8,0 м.

Багатопролітний каркас в осях 1-10/А-В. Металевий каркас складається з поперечних рам прольотом 3,0; 6,0; 8,5 м.

Крок рам 6,0; 6,3 м. Мінімальна відмітка низу ригелів 3,42 м.

Стійкість каркаса в поздовжньому і поперечному напрямку забезпечується вертикальними зв'язками по колонах і жорстким диском з профлиста.

Основні конструкції будівлі: несучі конструкції - колони металеві двотаврового профілю, несучі конструкції покриття - балки металеві двотаврового профілю, стінові огорожі - тришарові панелі, прогони з перерізом зі швелера, покриття з профільованого настилу, вертикальні зв'язки з колон та ригелі з перерізом із замкнутих гнутозварних профілів.

2.2 Розрахунок прогону

Вихідні дані:

- прогін зі швелера з паралельними гранями полиць;
- проліт $l_{\text{пр}} = 6$ м;
- статична схема - однопролітна шарнірно-оперта балка;
- коефіцієнт умови роботи $\gamma_s = 1$ [2];
- коефіцієнт умови роботи $\gamma_c = 1$ [2];

- матеріал прогону - сталь С245;
- розрахункова температура району будівництва м. Дніпро; $t = -41^{\circ}\text{C}$ [3]

- показники за ударною в'язкістю і хімічним складом ;

Розрахункові характеристики сталі :

- $R_y = 240\text{Н/мм}^2$, при товщині прокату від 4 до 20 мм включно;
- $R_{yn} = 245\text{Н/мм}^2$;
- $R_{un} = 370\text{Н/мм}^2$;
- $R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 240 = 139,2\text{Н/мм}^2$;
- вертикальний граничний прогин прогону $f_u = \frac{l_{пр}}{200}$ [2].

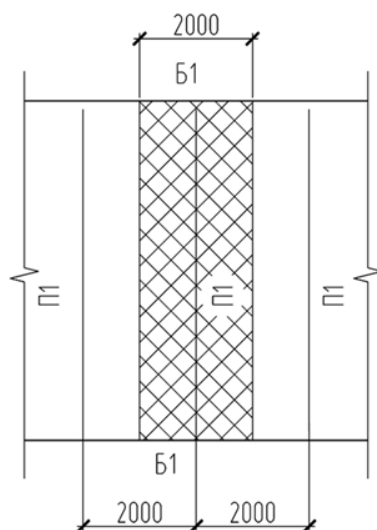


Рисунок 2.1 - Схема вантажної площі прогону

Таблиця 2.1 - Збір навантажень на прогін

Конструкція покриття	Вимірювач	Нормативне навантаження, кН/м^2	γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м^2
1	2	3	4	5
Постійні навантаження				
Покрівля	кН/м^2 поверхні			
1. Полімерна мембрана, $t=1,5$ мм, $2,5 \text{ кг/м}^2$		0,025	1,2	0,03

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
2. Мінераловатні плити, $\rho=180 \text{ кг/м}^3$, $t=250 \text{ мм}$.		0,44	1,2	0,528
3.Плівка пароізоляційна, поверхнева щільність 140 г/м^2		0,0014	1,2	0,002
Огороджувальні конструкції				
5. Профлист Н57-750-0,7, маса $1 \text{ м}^2=8,7 \text{ кг}$		0,085	1,05	0,089
	Разом:	$q_n= 0,466$		$q_r= 0,649$
Тимчасові навантаження				
Снігове навантаження (розрахована за формулою 2.1)	кН/м^2	$S_0= 1,4$	1,4	$S= 1,96$

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію визначається за формулою:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot \mu_1 \cdot S_g \quad (2.1)$$

де c_e - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель під дією вітру або інших факторів [2]. $c_t = 1,0$ - термічний коефіцієнт [2];

μ - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття [2]:

$$\mu = 1 \text{ [2];}$$

$$\mu_1 = 1,1 \text{ — коефіцієнт локальної нерівномірності сніговідкладення [2];}$$

$S_g = 1,35 \text{ кН/м}^2$ - номативне значення ваги снігового покриву на 1 м^2 горизонтальній поверхні землі [2].

$$c_e = (k_v - 0,4\sqrt{k}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot l_c) \quad (2.2)$$

$$c_e = (1,4 - 0,4\sqrt{0,64}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 35,53) = 0,94$$

де $k_v = 1,4$ — коефіцієнт, що залежить від середньої швидкості вітру в зимовий період і середньомісячної температури повітря в січні [2]:

Коефіцієнт $k(z_e)$ визначається за [2] залежно від типу місцевості А, В або С [12, п. 11.1.6]. Приймаємо тип місцевості В. Для цього типу місцевості на висоті

$z = 5 \text{ м}$ $k = 0,5$; при $z = 10 \text{ м}$, $k = 0,65$.

Таблиця 2.2 - Визначення коефіцієнта k_2 (до позначки верху парапету)

z	k
5	0,5
9,8	$k_2 = \frac{(9,8 - 5) \cdot (0,65 - 0,5)}{(10 - 5)} + 0,5 = 0,64$
10	0,65

$$l_c = 2 \cdot b - \frac{b^2}{l_{\max}} = 2 \cdot 24,3 - \frac{24,3^2}{45,18} = 35,53 \text{ м} - \text{ характерний розмір}$$

покриття [2],

де $b = 24 \text{ м}$ - найменший розмір покриття в плані;

$l = 72 \text{ м}$ - найбільший розмір покриття в плані.

Підставивши значення у формулу 2.1, отримаємо

$$S_0 = 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,35 = 1,4 \text{ кН/м}^2. \quad (2.3)$$

Нормативне навантаження на 1 пог. м прогону визначається за формулою:

$$q_{n,pr} = \left(\frac{q_n}{\cos \alpha} + S_0 \right) \cdot b + q_{n,pr}^{BB} \quad (2.4)$$

де $q_n = 0,466 \text{ кН/м}^2$ - нормативне навантаження на 1 м^2 поверхні покрівлі;

$\varphi = 1^\circ$ - кут нахилу покрівлі до горизонтальної площини;

$\cos \alpha = 1, \sin \alpha = 0$;

S_0 - нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію [2];

$b = 2 \text{ м}$ - крок прогонів;

$q_{n,pr}^{BB}$ - нормативне навантаження від ваги прогону.

Нормативне навантаження від ваги прогону визначається за формулою:

$$q_{n,pr}^{BB} = m_{pr} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 18,4 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 0,181 \text{ кН/м}, \quad (2.5)$$

де $m_{pr} = 18,4 \text{ кг/м}$ - маса 1 пог.м прогону.

Підставивши значення у формулу 2.4, отримаємо

$$q_{n,pr} = (0,466 + 1,4) \cdot 2 + 0,181 = 3,91 \text{ кН/м}. \quad (2.6)$$

Розрахункове навантаження на 1 пог.м прогону визначається за формулою:

$$q_{pr} = \left(\frac{q_r}{\cos \alpha} + S \right) \cdot b + q_{n,pr}^{BB} \cdot \gamma_f \quad (2.7)$$

$$q_{pr} = (0,649 + 1,96) \cdot 2 + 0,181 \cdot 1,05 = 5,41 \text{ кН/м},$$

де $\gamma_f = 1,05$ - коефіцієнт надійності за навантаженням від власної ваги металевих конструкцій [2].

Прогони, розташовані на схилі покрівлі, працюють на вигин у двох площинах.

Складові навантаження:

$$q_x = q_{pr} \cdot \cos \alpha = 5,41 \cdot 1 = 5,41 \text{ кН}; \quad (2.8)$$

$$q_y = q_{pr} \cdot \sin \alpha = 5,41 \cdot 0 = 0 \text{ кН}. \quad (2.9)$$

Оскільки покрівельний профільований настил кріпиться до покрівлі самонарізними болтами і з'єднаний між собою заклепками, то скатна складова q_y сприймається самим полонником покрівлі. У цьому випадку відпадає необхідність в установці тяжів, а прогін можна розраховувати тільки на навантаження q_x .

Статичний розрахунок прогону:

Розрахункова схема прогону наведена на малюнку 2.2.

$$M_{\max} = \frac{q_x \cdot l_{\text{пр}}^2}{8} = \frac{5,41 \cdot 6^2}{8} = 24,35 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.10)$$

$$Q_{\max} = \frac{q_x \cdot l_{\text{пр}}}{2} = \frac{5,41 \cdot 6}{2} = 16,23 \text{ кН}. \quad (2.11)$$

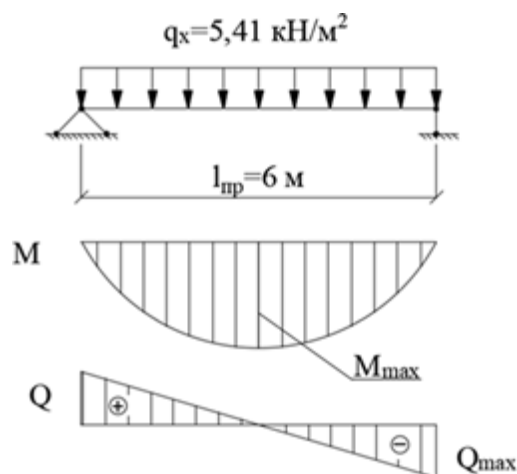


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема прогону

Конструктивний розрахунок прогону:

Напружений деформівний стан прогону за всією площею розрахункового перерізу не повинен перевищувати розрахункового опору сталі, тобто має виконуватися умова:

$$\frac{M}{W_{x,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1. \quad (2.12)$$

З цієї умови визначаємо необхідний момент опору перерізу балки:

$$W_{\text{рег}} = M_{\max} / (R_y \cdot \gamma_c) = (24,35 \cdot 100) / (240 \cdot 10^{-1} \cdot 1) = 101,46 \text{ см}^3. \quad (2.13)$$

Згідно з цим розрахунком приймаємо швелер із паралельними гранями полиць 20П і виписуємо його геометричні характеристики:

$$W_{\text{nx}} = 153 \text{ см}^3, I_x = 1530 \text{ см}^4, S_x = 88 \text{ см}^3;$$

$$t_w = 5,2 \text{ мм}, t_f = 9 \text{ мм}, h = 200 \text{ мм}, b = 76 \text{ мм}, m_{\text{пр}} = 18,4 \text{ кг/м}.$$

Наступним етапом конструктивного розрахунку є перевірка несучої здатності прогону підбраного профілю. Ця перевірка відповідає першій групі граничних станів, виконується на розрахункові навантаження і містить перевірки на міцність, загальну стійкість прогону і місцеву стійкість елементів прогону.

Перевірки на міцність виконують таким чином:

у перерізах з $M = M_{\max}$ і $Q = 0$

$$\frac{M_{\max}}{W_{n, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (2.14)$$

у перерізах із $Q = Q_{\max}$ і $M = 0$

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (2.15)$$

Нормальні напруження:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{xn}} = \frac{24,35 \cdot 10^3}{153} = 159,15 \text{ Н/мм}^2.$$

Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{16,23 \cdot 88}{1530 \cdot 0,52 \cdot 10^{-1}} = 17,95 \text{ Н/мм}^2.$$

Міцність прогону перевіряємо в середині його прольоту ($M = M_{\max}$) і на опорі ($Q = Q_{\max}$).

Підставивши значення у формулу 2.14, отримаємо

$$\frac{M_{\max}}{W_{xn} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{24,35 \cdot 10^3}{153 \cdot 240 \cdot 1} = 0,66 < 1.$$

Підставивши значення у формулу 2.15, отримаємо

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{16,23 \cdot 88}{1530 \cdot 0,52 \cdot 139,2 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,13 < 1.$$

Епюри нормальних і дотичних напружень у балці наведено на рисунку 2.3

Загальна стійкість прогону забезпечується елементами кріплення настилу до прогонів і силами тертя між ними.

Можливість втрати місцевої стійкості стиснутим елементом залежить від співвідношення його розмірів, оскільки профіль прокатний, то його місцева стійкість уже забезпечена. Отже, місцеву стійкість прогону перевіряти не потрібно.

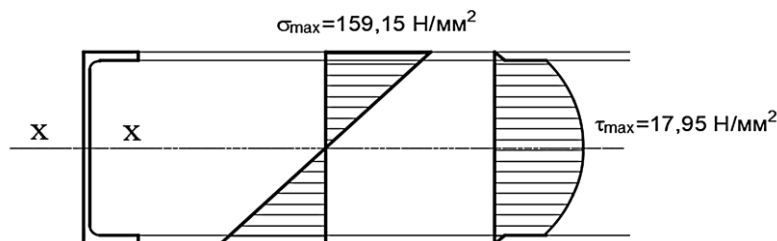


Рисунок 2.3 - Епюри нормальних і дотичних напружень

Перевірка деформативності (жорсткості) прогону належить до другої групи граничних станів і спрямована на запобігання умовам, що ускладнюють їхню нормальну експлуатацію. Суть перевірки: максимальний прогин прогону $f_{\max}$ повинен перевищувати граничного значень f_u , встановленого нормами проектування [12, дод. Д.2.1]; $f_{\max}$ слід визначати від нормативних навантажень.

Для прогону:

$$f_{\max} = \frac{M_{n,\max} \cdot l_{\text{пр}}^2}{10 \cdot EI_x} = \frac{5,0 \cdot 10^2 \cdot 6^2 \cdot 10^4}{10 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 10^{-1} \cdot 1530} = 0,57 \text{ см} < f_u = \frac{l_{\text{пр}}}{200} = \frac{6 \cdot 10^2}{200} = 3 \text{ см}$$

$$M_{n,\max} = \frac{q_{n,\text{пр}} \cdot l_{\text{пр}}^2}{8} = \frac{1,11 \cdot 6^2}{8} = 5,0 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.16)$$

$$q_{n,\text{пр}} = q_n \cdot b + q_{n,\text{пр}}^{\text{BB}} = 0,466 \cdot 2 + 0,181 = 1,11 \text{ кН/м}. \quad (2.17)$$

Отже, жорсткість прогону забезпечена.

2.3 Розрахунок поперечної рами

Для визначення внутрішніх зусиль в елементах рами (M , N і Q) необхідно встановити її розрахункову схему, зібрати навантаження, що діють на неї, і виявити невідгідні комбінації розрахункових зусиль для найхарактерніших

перерізів колони.

2.3.1 Вибір розрахункової схеми поперечної рами

Для розрахунку поперечної рами її конструктивну схему приводимо до розрахункової (рисунок 2.4). При цьому дотримуємося таких правил:

- за осі стрижнів, що замінюють колони, умовно приймають лінії центрів ваги перерізів колон;
- за геометричну вісь ригеля приймають у рамах із жорстким заземленням ригеля в колонах вісь нижнього пояса наскрізного ригеля (ферми) або середину висоти суцільного;
- у разі шарнірного спирання - лінію, що з'єднує центри опорних шарнірів.

Ригелі з ухилом до 1:10 приймають горизонтальними;

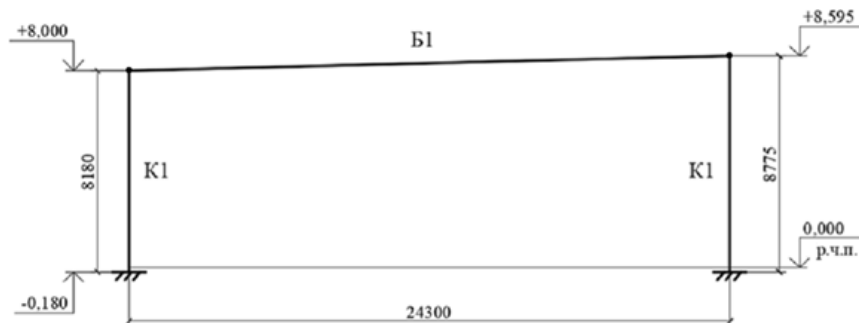


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема поперечної рами каркаса проектованої будівлі

2.3.2 Збір навантажень на поперечну раму

Поперечну раму розраховуємо на постійні навантаження - від ваги несучих і огорожувальних конструкцій будівлі і тимчасові - від снігу, вітру та інших навантажень, якщо вони є.

Поперечну раму розраховуємо на постійні навантаження - від ваги несучих і огорожувальних конструкцій будівлі і тимчасові - від снігу, вітру та інших

навантажень, якщо вони є.

Розрахункове постійне навантаження на 1 пог. м балки покриття визначається за формулою:

$$q_1 = \left(\frac{q_r}{\cos \varphi} \right) \cdot B = 1,101 \cdot 6 = 6,61 \text{ кН/м}$$

де B - крок колон, що дорівнює 6 м.

Таблиця 2.3 - Навантаження на балку покриття від ваги несучих і огорожувальних конструкцій покриття та покрівлі

Конструкція покриття	Вимірювач	Нормативне навантаження, кН/м ²	γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м ²
Постійні навантаження				
Покрівля	кН/м ² поверхні			
1. Полімерна мембрана, t=1,5 мм, 2,5 кг/м ²		0,025	1,2	0,03
2. Мінераловатні плити, ρ=180 кг/м ³ , t=250 мм.		0,44	1,2	0,528
3. Плівка пароізоляційна, поверхнева щільність 140 г/м ²		0,0014	1,2	0,002
Огороджувальні конструкції				
4. Профлист Н57-750-0,7, маса 1 м ² =8,7 кг		0,085	1,05	0,089
5. Прогони прокатні прольотом 6 м ([20П, m=18,4 кг)		0,09	1,05	0,095
6. Балка покриття		0,3	1,05	0,315
7. Зв'язки		0,04	1,05	0,042
	Разом:	$q_n = 0,981$		$q_r = 1,101$
Тимчасові навантаження				
Снігове навантаження (розрахована за формулою 2.1)	кН/м ²	$S_0 = 1,4$	1,4	$S = 1,96$

Стіни будівлі виконуємо з сендвіч-панелей. Основу панелей складають високоефективні негорючі мінераловатні утеплювачі. Утеплювач з обох боків затискається облицювальними шарами, що створюють додаткову конструктивну жорсткість. Як облицювальні матеріали застосовується профільований оцинкований сталевий лист із полімерним покриттям.

Розкладка панелей - горизонтальна. Марка панелей панель металева стінова з мінераловатним утеплювачем.

Розміри панелей у мм: довжина - 6000, ширина - 1190, товщина - 200 мм.

програмному комплексі "SCAD" (рисунок 2.6).

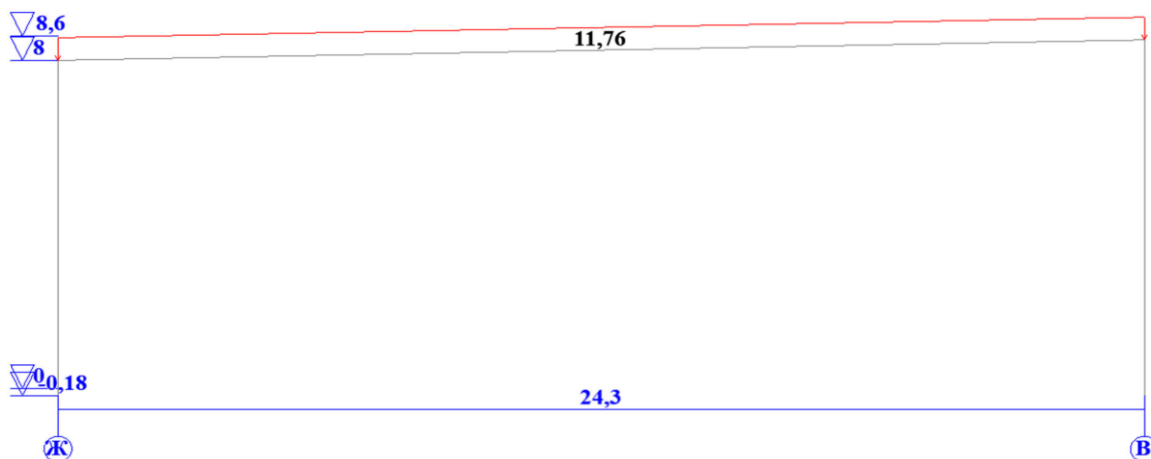


Рисунок 2.6 - Завантаження поперечної рами будівлі сніговим навантаженням

Нормативне значення вітрового навантаження W_n визначаємо як суму середньої W_m (статичної, що відповідає сталому швидкісному напору вітру) і пульсаційної W_g (динамічної) складових:

$$W = W_m + W_g.$$

Нормативне значення середньої складової вітрового навантаження W_m залежно від еквівалентної висоти Z_e над поверхнею землі визначаємо за формулою:

$$W_m = W_0 \cdot k(Z_e) \cdot c, \text{ де } W_0 - \text{нормативне значення вітрового тиску [2] ;}$$

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для еквівалентної висоти z_e [2] ;

c - аеродинамічний коефіцієнт [2] .

Нормативне значення вітрового тиску W_0 приймається залежно від вітрового району [2].

Згідно з [2] під час розрахунку одноповерхових виробничих будівель заввишки до 36 м за відношення висота до прольоту менше ніж 1,5, що розміщуються в місцевостях типу А і В, пульсаційну складову вітрового навантаження допускається визначати за формулою:

$$W_g = W_m \cdot \xi(z_e) \cdot v,$$

де W_m - нормативне значення середньої складової вітрового навантаження;

$\xi(z_e)$ - коефіцієнт пульсації тиску вітру, що приймається за [20, табл.11.4] або за додатком Е, таблиця Е.4;

v - коефіцієнт просторової кореляції (взаємозв'язку) пульсації тиску вітру. Цей коефіцієнт слід визначати для розрахункової поверхні споруди або окремої конструкції, для якої враховується кореляція пульсацій.

Розрахункова поверхня містить у собі ті частини навітряних і підвітряних поверхонь, бічних стін, покрівлі та подібних конструкцій.

$v_{+(-)}$ - коефіцієнти кореляції вітрового навантаження, що відповідають позитивному тиску (+) і відсмоктуванню (-), наведені в [2] або залежно від площі огорожі A , з якої збирається вітрове навантаження.

Розрахункове значення вітрових навантажень на 1 м^2 поверхні підраховується за формулою:

$$w = w_n \cdot \gamma_f,$$

де $w_n = w_m + w_g$ - нормативне значення вітрового навантаження;

$\gamma_f = 1,4$ - коефіцієнт надійності за навантаженням для вітрового навантаження [2].

У практичних розрахунках вітрове навантаження від рівня землі до позначки розрахункової осі балки покриття приймають рівномірно, інтенсивністю:

$$q_{eq} = w \cdot B,$$

де w - розрахункове значення вітрового тиску;

B - ширина вантажної площі, що дорівнює кроку рам для схем з однаковим кроком колон по всіх рядах і відсутністю поздовжніх фахверків. За наявності поздовжнього фахверка вітрове навантаження на колони приймається з урахуванням кроку стійок фахверка.

Крім того, вітрове навантаження з ділянки від осі балки покриття до верху позначки будівлі (парапету, гребеня або ліхтаря) передають у вигляді горизонтальної зосередженої сили. Її можна визначити за усередненими значеннями інтенсивності навантаження w на цих ділянках:

$$w = w_1 \cdot A_1.$$

Для міста Дніпро (І район) $W_0 = 0,38 \text{ кН/м}^2$

Коефіцієнт $k(z_e)$ визначається за [2] залежно від типу місцевості А, В або С [2]. Приймаємо тип місцевості В. Для цього типу місцевості на висоті $z \leq 5 \text{ м}$ $k = 0,5$; при $z = 10 \text{ м}$, $k = 0,65$; при $z = 20 \text{ м}$ $k = 0,85$.

Таблиця 2.5 - Визначення коефіцієнта k_1 (до позначки +8,000)

z	k
5	0,5
8	$k_1 = \frac{(8 - 5) \cdot (0,65 - 0,5)}{(10 - 5)} + 0,5 = 0,59$
10	0,65

Таблиця 2.6 - Визначення коефіцієнта k_2 (до позначки +8,595)

z	k
5	0,5
8,595	$k_1 = \frac{(8,595 - 5) \cdot (0,65 - 0,5)}{(10 - 5)} + 0,5 = 0,608$
10	0,65

Таблиця 2.7 - Визначення коефіцієнта k_2 (до відм. верху парапету +10,500)

z	k
10	0,65
10,5	$k_2 = \frac{(10,5 - 10) \cdot (0,85 - 0,65)}{(20 - 10)} + 0,65 = 0,66$
20	0,85

Таблиця 2.8 - Визначення коефіцієнта $\xi(z_e)$ (до позначки +8,000)

z	$\xi(z_e)$
5	1,22
8	$\xi(z_e) = \frac{(8 - 5) \cdot (1,06 - 1,22)}{(10 - 5)} + 1,22 = 1,124$
10	1,06

Таблиця 2.9 - Визначення коефіцієнта $\xi(z_e)$ (до позначки+8,595)

z	$\xi(z_e)$
5	1,22
8,595	$\xi(z_e) = \frac{(8,595 - 5) \cdot (1,06 - 1,22)}{(10 - 5)} + 1,22 = 1,105$
10	1,06

Таблиця 2.10 - Визначення коефіцієнта $\xi(z_e)$ (до відм. в. парпету+10,500)

z	$\xi(z_e)$
10	1,06
10,5	$\xi(z_e) = \frac{(10,5 - 10) \cdot (0,92 - 1,06)}{(20 - 10)} + 1,06$ $= 1,053$
20	0,92

Коефіцієнти просторової кореляції пульсацій тиску вітру для площі $A_1 = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м}^2 > 20 \text{ м}^2$, $v_+ = 0,75$, $v_- = 0,65$ [2].

Рівномірно розподілені вітрові навантаження на 1 м^2 поверхні:

– нормативні значення середньої складової вітрового навантаження до позначки +8,000:

$$w_m^+ = 0,38 \cdot 0,59 \cdot 0,8 = 0,18 \text{ кН/м}^2;$$

– нормативні значення середньої складової вітрового навантаження до позначки+8,595 :

$$w_m^- = 0,38 \cdot 0,608 \cdot 0,5 = 0,12 \text{ кН/м}^2.$$

– нормативні значення пульсаційної складової вітрового навантаження

до позначки+8,000 :

$$w_g^+ = 0,18 \cdot 1,124 \cdot 0,75 = 0,15 \text{ кН/м}^2;$$

– нормативні значення пульсаційної складової вітрового навантаження

до позначки+8,595 :

$$w_g^- = 0,12 \cdot 1,105 \cdot 0,65 = 0,09 \text{ кН/м}^2.$$

Тоді повне нормативне значення вітрового навантаження до низу Б1:

$$w_n^+ = 0,18 + 0,15 = 0,33 \text{ кН/м}^2;$$

$$w_n^- = 0,12 + 0,09 = 0,21 \text{ кН/м}^2.$$

Розрахункове значення вітрового навантаження до низу Б1:

$$w^+ = 0,33 \cdot 1,4 = 0,462 \text{ кН/м}^2;$$

$$w^- = 0,19 \cdot 1,4 = 0,294 \text{ кН/м}^2.$$

Рівномірно розподілені вітрові навантаження на колону до Б1:

$$q_{eq}^+ = w^+ \cdot B = 0,462 \cdot 6 = 2,772 \text{ кН/м};$$

$$q_{eq}^- = w^- \cdot B = 0,294 \cdot 6 = 1,764 \text{ кН/м},$$

Де $B = 6$ м - крок поперечних рам.

Зосереджені навантаження від тиску вітру з вантажної площі ($2,5 \times 6$ м), що розташована вище за позначку низу балки покриття: коефіцієнти $k(z_e)$ і $\xi(z_e)$ приймаємо еквівалентними за висот 8 і 10,5 м; 8,595 і 10,5 м.

$$k_1(z_e)^{eka} = \frac{0,59 + 0,66}{2} = 0,625;$$

$$k_2(z_e)^{ekb} = \frac{0,608 + 0,66}{2} = 0,634;$$

$$\xi_1(z_e)^{ekb} = \frac{1,124 + 1,053}{2} = 1,089;$$

$$\xi_2(z_e)^{ekb} = \frac{1,105 + 1,053}{2} = 1,079.$$

Нормативне значення середньої складової (зосереджені навантаження):

$$w_m^+ = 0,38 \cdot 0,625 \cdot 0,8 = 0,19 \text{ кН/м}^2;$$

$$w_m^- = 0,38 \cdot 0,634 \cdot 0,5 = 0,12 \text{ кН/м}^2.$$

Нормативне значення пульсаційної складової (зосереджені навантаження):

$$w_p^+ = 0,19 \cdot 1,089 \cdot 0,75 = 0,16 \text{ кН/м}^2;$$

$$w_p^- = 0,12 \cdot 1,079 \cdot 0,65 = 0,11 \text{ кН/м}^2.$$

Розрахункове значення вітрового навантаження:

$$w^+ = (0,19 + 0,16) \cdot 1,4 = 0,49 \text{ кН/м}^2;$$

$$w^- = (0,12 + 0,11) \cdot 1,4 = 0,32 \text{ кН/м}^2.$$

Сумарні зосереджені навантаження, прикладені до розрахункової осі поперечної рами:

$$w_1^+ = 0,49 \cdot 6 \cdot 2,5 = 7,35 \text{ кН};$$

$$w_1^- = 0,32 \cdot 6 \cdot 1,905 = 3,68 \text{ кН}.$$

2.3.3 Статичний розрахунок рами

Розрахунок виконується з використанням розрахункової схеми (рисунок 2.3).

Статичний розрахунок рам можна виконувати спираючись на відомі методи будівельної механіки. З огляду на необхідність виконання роздільних розрахунків за багатьма видами завантажень, доцільно виконати статичні розрахунки на ЕОМ за розробленими для цих цілей програмними комплексами.

Розрахунок поперечної рами виконано за програмою "SCAD".

2.4 Розрахунок і конструювання балки покриття

Вихідні дані:

Балку покриття проектуємо складеного двотаврового перерізу з листового прокату.

- проліт балки покриття $L_1 = 24,3 \text{ м}$;
- статична схема - однопролітна шарнірно оперта;
- коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1 [2]$;
- матеріал балки - сталь С245 ;
- група конструкцій 2;
- розрахункова температура району будівництва м. Дніпро $t = -21^\circ\text{C}$.

Розрахункові характеристики сталі:

- $R_y = 240 \text{ Н/мм}^2$, за товщини прокату від 2 до 20 мм включно;
- $R_{yn} = 245 \text{ Н/мм}^2$;
- $R_{un} = 370 \text{ Н/мм}^2$;
- $R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 240 = 139,2 \text{ Н/мм}^2$;
- $R_p = 361 \text{ Н/мм}^2$;
- розрахункові зусилля в балці покриття за результатами статичного розрахунку поперечної рами проєктованої будівлі.

Збір навантажень на балку покриття.

Таблиця 2.11 - Навантаження на балку покриття від ваги несучих і огорожувальних конструкцій покриття та покрівлі

Конструкція покриття	Вимірювач	Нормативне навантаження, кН/м^2	γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м^2
Постійні навантаження				
Покрівля	кН/м^2 поверхні			
1. Полімерна мембрана, $t=1,5 \text{ мм}$, $2,5 \text{ кг/м}^2$		0,025	1,2	0,03
2. Мінераловатні плити, $\rho=180 \text{ кг/м}^3$, $t=250 \text{ мм}$.		0,44	1,2	0,528
3. Плівка пароізоляційна, поверхнева щільність 140 г/м^2		0,0014	1,2	0,002
Огороджувальні конструкції				
4. Профлист Н57-750-0,7, маса $1 \text{ м}^2=8,7 \text{ кг}$		0,085	1,05	0,089
5. Прогони прокатні прольотом 6 м ($\Gamma 20\Pi$, $m=18,4 \text{ кг}$)		0,09	1,05	0,095
6. Балка покриття		0,3	1,05	0,315
7. Зв'язки		0,04	1,05	0,042
	Разом:	$q_n = 0,981$		$q_r = 1,101$
Тимчасові навантаження				
Снігове навантаження (розрахована за формулою 2.1)	кН/м^2	$S_0 = 1,4$	1,4	$S = 1,96$

Основними навантаженнями на балку покриття є: постійні - від ваги покрівлі, огорожувальних, несучих конструкцій несучих, конструкцій покриття.

Основними навантаженнями на балку покриття є:

постійні - від ваги покрівлі, огорожувальних, несучих конструкцій

несучих, конструкцій покриття.

Розрахункове постійне навантаження на 1 пог. м балки покриття визначається за формулою:

$$q_1 = \left(\frac{q_r}{\cos \varphi} \right) \cdot B = 1,101 \cdot 6 = 6,61 \text{ кН/м}$$

де B - крок колон, що дорівнює 6 м;

тимчасові - від снігу, вітру в разі ухилу верхнього пояса понад 30° .

Розрахункове снігове навантаження на балку покриття визначається за формулою:

$$q_s = S_0 \cdot \gamma_f \cdot B = 1,4 \cdot 1,4 \cdot 6 = 11,76 \text{ кН/м};$$

Вертикальний граничний прогин балки покриття:

$$L_1 = 6 \text{ м}, f_u = \frac{L_1}{200};$$

$$L_1 = 24 \text{ м}, f_u = \frac{L_1}{250}.$$

Необхідно розрахувати прогин балки для прольоту $L_1 = 24,3$ м методом лінійної інтерполяції, тоді:

$$L_1 = 24,3 \text{ м}, f_u = \frac{L_1}{250,3} = \frac{2430}{250,3} = 9,71 \text{ см.}$$

Поясні шви виконуються автоматичним зварюванням під флюсом (флюс АН-348-А; зварювальний дріт Св-08А, положення швів - у човник; всі інші шви виконуються механізованим дуговим зварюванням у середовищі CO_2 (МДС_{co2}), зварювальний дріт - Св-08Г2С.

2.4.1 Статичний розрахунок балки покриття

Розрахункова схема балки покриття зображена на рисунку 2.10 у вигляді однопролітної шарнірно-опертої балки.

$$M_{n,max} = \frac{(q_n \cdot 6 + S_0 \cdot 6) \cdot l_r^2}{8} = \frac{(0,981 \cdot 6 + 1,4 \cdot 6) \cdot 24,3^2}{8} = 1054,47 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{max} = \frac{(q_1 + q_s) \cdot l_r^2}{8} = \frac{(6,61 + 11,76) \cdot 24,3^2}{8} = 1356,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q_{max} = \frac{(q_1 + q_s) \cdot l_r}{2} = \frac{(6,61 + 11,76) \cdot 24,3}{2} = 223,2 \text{ кН}.$$

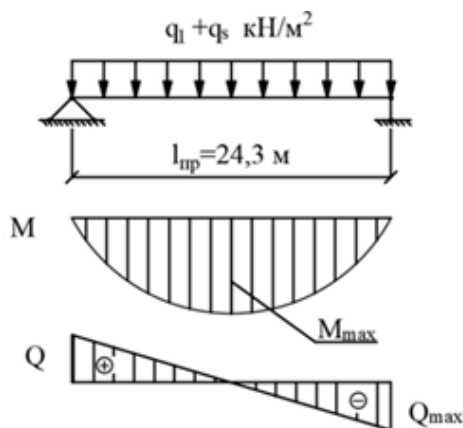


Рисунок 2.10 - Розрахункова схема балки покриття

2.4.2 Конструктивний розрахунок балки покриття

Визначаємо необхідний момент опору в перерізі балки покриття:

$$W_{reg} = M_{max} / (R_y \cdot \gamma_c) = (1356,2 \cdot 100) / (240 \cdot 10^{-1} \cdot 1) = 5650,83 \text{ см}^3.$$

Компонуємо і підбираємо перетин балки покриття:

Для підрахунку висоти балки покриття слід визначити її оптимальну висоту, яка позначається h_{opt} , і його мінімальну висоту h_{min} .

Визначаємо оптимальну висоту балки покриття за заданої гнучкості стінки $\lambda_w = 125 \text{ см}$:

$$h_{opt} = 1,15 \cdot \sqrt[3]{W_{reg} \cdot \lambda_w} = 1,15 \cdot \sqrt[3]{5650,83 \cdot 125} = 102,42 \text{ см}$$

визначаємо h_{min} :

$$h_{min} = \frac{10}{48} \cdot \frac{l_r^2 \cdot R_y \cdot \gamma_c}{E \cdot f_u} \cdot \frac{M_{n,max}}{M_{max}} = \frac{10}{48} \cdot \frac{24,3^2 \cdot 10^4 \cdot 240 \cdot 1}{2,06 \cdot 10^5 \cdot 9,71} \cdot \frac{1054,47}{1355,91} = 89,2 \text{ см}.$$

$$\text{де } f_u^{15 \text{ м}} = \frac{L_1}{250,3} = 9,71 \text{ см}$$

$$M_{n,max} = 1054,47 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$\text{де } \gamma_f = 1,2$ - усереднений коефіцієнт надійності за навантаженням.

Оскільки $h_{opt} = 102,42 \text{ см}$, що більше $h_{min} = 89,2 \text{ см}$, висоту балки покриття призначаємо близькою до оптимальної:

$$h = (0,8 \dots 1) \cdot h_{opt} = 0,9 \cdot 102,42 = 92,18 \text{ см}.$$

$$h = h_w + 2 \cdot t_f$$

де t_f - прийнята товщина полиці, $t_f = 20 \text{ мм}$;

h_w - висота стінки.

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 92,18 - 2 \cdot 2 = 88,18 \text{ см}.$$

Висоту стінки h_w приймаємо 870 мм (сталь товстолиста).

Конструктивна вимога до товщини стінки:

$$\text{Товщина стінки балки покриття } t_w = h_w / \lambda_w = 870 / 125 = 7 \text{ см}.$$

Товщина стінки t_w повинна задовольняти умові $6 \text{ мм} \leq t_w \leq t_{w,min}$ і бути пов'язана з типовими розмірами листового металопродукту.

Мінімальна товщина стінки балки визначається з умови її роботи на зріз:

$$t_{w,min} = \frac{1,5 \cdot Q_{max}}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c},$$

$$\text{де } R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 240 = 139,2 \text{ Н/мм}^2$$

Мінімальна товщина стінки балки покриття при роботі на зріз тільки стінки:

$$t_{w,min} = \frac{1,5 \cdot Q_{max}}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{1,5 \cdot 223,2}{87 \cdot 139,2 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,28 \text{ см} < t_w = 1,2 \text{ см}.$$

Товщина стінки задовольняє умову:

$$6 \text{ мм} \leq t_w = 12 \text{ мм} \geq t_{w,min} = 0,28 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину стінки балки $t_w = 12 \text{ мм}$.

Таким чином, приймаємо стінку з листа $870 \times 12 \text{ мм}$ - визначаємо розміри поясів:

$$A_f = \frac{W_{req}}{h_w} - \frac{t_w \cdot h_w}{6} = \frac{5650,83}{125} - \frac{1,2 \cdot 87}{6} = 37,81 \text{ см}^2;$$

$$A_f = b_f \cdot t_f;$$

$$b_f = \frac{A_f}{t_f} = \frac{37,81}{2} = 18,91 \text{ см};$$

Де t_f - товщина пояса (приймаємо 20 мм).

Приймаємо ширину пояса $b_f = 300$ мм, за умови, що "листи виготовляють шляхом полістної прокатки або порізки за розмірами".

Конструктивні вимоги, що висуваються до параметрів пояса:

$$a) t_w \leq t_f \leq (2,5 \dots 3) \cdot t_w$$

$$б) b_f \geq 180 \text{ мм};$$

$$в) b_f = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5}\right) \cdot h_w;$$

Приймаємо пояс із листа 300×20 мм, що задовольняє конструктивні вимоги:

$$a) 12 \text{ мм} < 20 \text{ мм} < 36 \text{ мм};$$

$$б) 300 \text{ мм} > 180 \text{ мм};$$

$$в) b_f = 300 \text{ мм, що відповідає межі } \left[\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right] \cdot h_w, \text{ тобто } (310 \dots 250) \text{ мм.}$$

Змінити переріз балки покриття по довжині не потрібно.

Момент інерції перерізу відносно осі $x-x$:

$$I_x = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right)^2 = \frac{1,2 \cdot 87^3}{12} + 2 \cdot 30 \cdot 2 \cdot \left(\frac{87}{2} + \frac{2}{2}\right)^2 = 303480,3 \text{ см}^4.$$

Момент опору перерізу відносно осі $x-x$:

$$W_{xn} = \frac{2 \cdot I_x}{h} = \frac{2 \cdot 303480,3}{91} = 6669,9 \text{ см}^3.$$

Статичний момент півсечення відносно осі $x-x$:

$$S_x = b_{fl} \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right) + \frac{h_w \cdot t_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} = 30 \cdot 2 \cdot \left(\frac{87}{2} + \frac{2}{2}\right) + \frac{87 \cdot 1,2}{2} \cdot \frac{87}{4} = 3805,35 \text{ см}^3.$$

Статичний момент пояса перерізу відносно осі $x-x$:

$$S_{fl} = b_{fl} \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right) = 30 \cdot 2 \cdot \left(\frac{87}{2} + \frac{2}{2}\right) = 2670 \text{ см}^3.$$

Виконаємо перевірки міцності балки покриття.

Ці перевірки зводяться до перевірок нормальних, дотичних, місцевих і приведених напружень. Необхідність тієї чи іншої перевірки диктується статичною схемою балки покриття.

Нормальні напруження в перерізі з $M = M_{\max}$ і $Q = 0$:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{n,\min}} = \frac{1356,2 \cdot 10^2 \cdot 10}{6669,9} = 203,33 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 240 \text{ Н/мм}^2.$$

Дотичні напруження на опорах балки, де $M = 0$, $Q = Q_{\max}$ тах:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_{xI} \cdot t_w} = \frac{223,2 \cdot 3805,35 \cdot 10}{303480,3 \cdot 1,2} = \frac{23,32 \text{ Н}}{\text{мм}^2} < R_s \cdot \gamma_c = 139,2 \text{ Н/мм}^2.$$

виконаємо перевірку загальної стійкості балки покриття:

Стійкість балки можна вважати забезпеченою при виконанні умови:

$\bar{\lambda}_b \leq \bar{\lambda}_{ub}$, де $\bar{\lambda}_b$ - умовна гнучкість стиснутого пояса балки покриття; $\bar{\lambda}_{ub}$ - граничне значення гнучкості стиснутого пояса.

Для балки покриття:

$$\bar{\lambda}_b = \left(\frac{l_{ef}}{b_f} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \left(\frac{2000}{300} \right) \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,228,$$

де l_{ef} - відстань між зв'язками, що перешкоджають горизонтальному зміщенню балки покриття (відстань між прогонами).

$$\bar{\lambda}_{ub} = 0,35 + 0,0032 \cdot \frac{b_f}{t_f} + \left(0,76 - 0,02 \cdot \frac{b_f}{t_f} \right) \cdot \frac{b_f}{h_{ef}},$$

де h_{ef} - відстань між осями поясних листів.

Значення $\bar{\lambda}_{ub}$ визначено при $1 \leq \frac{h_{ef}}{b_f} \leq 6$ і $15 \leq \frac{b_f}{t_f} \leq 35$

$$\frac{h_{ef}}{b_f} = \frac{890}{300} = 2,97;$$

$$\frac{b_f}{t_f} = \frac{300}{20} = 15.$$

$$\bar{\lambda}_{ub} = 0,35 + 0,0032 \cdot 15 + (0,76 - 0,02 \cdot 15) \cdot \frac{300}{890} = 0,553,$$

$0,228 < 0,553$, отже, загальна стійкість балки покриття Б1 забезпечена.

Перевірка місцевої стійкості стиснутого пояса балки покриття:

Стійкість балки можна вважати забезпеченою при виконанні умови:

$$\bar{\lambda}_f \leq \bar{\lambda}_{uf},$$

де $\bar{\lambda}_f$ - умовна гнучкість звису пояса;

$\bar{\lambda}_{uf}$ - граничне значення гнучкості звису пояса.

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_f}{t_f} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{144}{20} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,246,$$

де b_{ef} – виліт поясу, $b_{ef} = (b_f - t_w): 2 = (300 - 12): 2 = 144$ мм.

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_c}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{240}{203,33}} = 0,543$$

де $\sigma_c = 203,33 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ (див. перевірку міцності балки покриття Б1 за нормальними напруженнями).

$0,246 < 0,543$, отже, місцева стійкість балки покриття Б1 забезпечена.

Перевірка місцевої стійкості стінки балки покриття Б1:

Стінка балки може втратити стійкість від дії нормальних напружень, дотичних напружень та їхньої спільної дії. Втрата місцевої стійкості стінки може призвести до передчасної втрати стійкості.

Основним параметром стінки є умовна гнучкість стінки Б1:

$$\bar{\lambda}_w = \left(\frac{h_{ef}}{t_w} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \left(\frac{890}{12} \right) \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,53;$$

Оскільки умовна гнучкість стінки балки покриття $\bar{\lambda}_w = 2,53 < 3,2$ і навантаження нерухоме, то стінку балки не слід зміцнювати поперечними ребрами жорсткості.

Конструктивно влаштовуємо короткі ребра жорсткості в місцях кріплення прогонів, відстань між ребрами приймаємо $a = 2$ м.

Розміри поперечних ребер жорсткості:

$$b_r \geq h_w/30 + 40\text{мм} = 870/30 + 40\text{мм} = 69\text{мм};$$

$$t_r \geq 2 \cdot b_r \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 2 \cdot 69 \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 4,7\text{мм}.$$

Враховуючи конструктивні вимоги примикання прогонів до ребер балки покриття, приймаємо $b_r = 100$ мм, $t_r = 8$ мм.

У разі сполучення прогонів в одному рівні перевірка місцевих напружень у стінці балки покриття не потрібна, оскільки кріплення прогонів здійснюється

через ребра жорсткості, а тому $\sigma_{loc} = 0$.

Перевірка жорсткості балки покриття Б1

Для балки покриття, що розраховується:

$$f_{\max} = \frac{M_{n,\max} \cdot I^2}{10 \cdot E \cdot I_x} = \frac{1054,47 \cdot 10^2 \cdot 24,3^2 \cdot 10^4}{10 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 10^{-1} \cdot 303480,3} = 9,21 \text{ см} < f_u = \frac{L_1}{250,3}$$

$$= \frac{2430}{250,3} = 9,71 \text{ см},$$

де $M_{n,\max} = 1054,47 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Розрахунок поясних з'єднань балки покриття

З'єднання поясів зі стінкою в балці покриття здійснюється зварними швами.

Під час вигину балки це з'єднання запобігає зсуву поясів щодо стінки. Зсувне зусилля пояса на одиницю довжини балки можна підрахувати за формулою:

$$T = \frac{Q_{\max} \cdot S_{fl}}{I_{xI}} = \frac{223,2 \cdot 2670}{303480,3} = 1,96 \text{ кН/см};$$

Поясні шви балки виконуємо автоматичним зварюванням, двосторонніми, безперервними, з однаковим катетом по всій довжині (див. вихідні дані).

$$R_{wf} = 180 \text{ Н/мм}^2 [4];$$

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\beta_f = 1,1; \beta_z = 1,15 [4].$$

$$\text{При } \frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{1,1 \cdot 180}{1,15 \cdot 166,5} = 1,03 > 1$$

Проводимо розрахунок за металом межі сплавлення:

$$\sigma_w = \frac{N}{n \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w} \leq R_{wz} \cdot \gamma_c$$

$$k_f = \frac{T}{n \cdot \beta_z \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} = \frac{1,96}{2 \cdot 1,15 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,1 \text{ см}$$

Приймаємо мінімальний катет шва $k_f = 6 \text{ мм} [4]$.

Перевіряємо прийнятий поясний шов на міцність за формулою:

$$\frac{T}{n \cdot \beta_z \cdot k_f} \leq R_{wz} \cdot \gamma_c$$

$$\frac{1,96 \cdot 10}{2 \cdot 1,15 \cdot 0,6} \leq 166,5 \cdot 1$$

$$14,20 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < 166,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}, \text{ отже, міцність зварного шва балки покриття}$$

забезпечено.

2.4.3 Розрахунок опорної частини балки покриття

Ділянку стінки балки покриття над опорою зміцнюємо опорним ребром.

Визначаємо розміри опорного ребра з умови міцності на зім'яття його торцевої поверхні; водночас його частина, що виступає нижче пояса, $a = 20 \text{ мм} \leq 1,5 \cdot t_{\text{ор}} = 1,5 \cdot 15 = 22,5$, інакше ребро розраховують на стиск.

Зазвичай задають товщину опорного ребра $t_{\text{ор}}$ від 10 до 20 мм, а потім визначають його ширину $b_{\text{ор}}$, яка не повинна прийматися менше 180 мм.

$$A_r = \frac{R_A}{R_p} = \frac{223,2}{361 \cdot 10^{-1}} = 6,18 \text{ см}^2$$

Нехай товщина опорного ребра $t_{\text{ор}} = 15 \text{ мм}$, тоді ширина опорного ребра:

$$b_{\text{ор}} = \frac{A_r}{t_{\text{ор}}} = \frac{6,18}{1,5} = 4,12 \text{ см}$$

Приймаю переріз ребра 200x10 мм із площею 20 см². Перевіримо опорну частину балки на стійкість як центрально-стиснутий стрижень заввишки h_w ; у розрахунковий переріз цього стрижня включають опорне ребро і частину стінки завширшки:

$$c = 0,65 \cdot t_w \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,65 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{240}} = 22,85 \text{ см.}$$

Визначимо геометричні характеристики перерізу умовного центрально-стиснутого стрижня:

Розрахункова площа перерізу:

$$A = b_{\text{ор}} \cdot t_{\text{ор}} + 0,65 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 20 \cdot 1,5 + 0,65 \cdot 1,2^2 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{240}} = \text{см}^2.$$

Момент інерції перерізу відносно осі z:

$$I_z = \frac{b_{\text{ор}}^3 \cdot t_{\text{ор}}}{12} + \frac{c \cdot t_w^3}{12} = \frac{20^3 \cdot 1,5}{12} + \frac{22,85 \cdot 1,2^3}{12} = 1003,29 \text{ см}^4;$$

Радіус інерції перерізу:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1003,29}{57,42}} = 4,18 \text{ см.}$$

Гнучкість умовного стрижня і коефіцієнт стійкості:

$$\lambda_w = \frac{h_w}{i_z} = \frac{87}{4,18} = 20,81;$$

$$\bar{\lambda}_w = \lambda_w \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 20,81 \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,71.$$

Коефіцієнти стійкості в разі центрального стиснення [4]:

$$\bar{\lambda}_w = 0,6, \varphi = 0,986;$$

$$\bar{\lambda}_w = 0,8, \varphi = 0,967;$$

Необхідно розрахувати коефіцієнт φ при $\bar{\lambda}_w = 0,71$.

Інтерполюючи значення, отримуємо коефіцієнт стійкості $\varphi = 0,976$.

Перевірка опорної частини балки покриття на стійкість:

$$\frac{R_A}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{223,2}{0,976 \cdot 57,42 \cdot 240 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,2 < 1.$$

Стійкість забезпечена.

Розрахунок на зріз ведеться за металом межі сплавлення, оскільки.

$$\frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{1,1 \cdot 180}{1,15 \cdot 166,5} = 1,03 > 1;$$

$$\frac{R_A}{n \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_{wf} \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} = \frac{R_A}{n \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot 85 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} = \frac{223,2}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,6^2 \cdot 85 \cdot 0,9 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,23 > 1,$$

Нижній торець опорного ребра слід стругати. За розрахунком приймаємо такі параметри балки покриття: висота стінки $h_w = 870$ мм; товщина стінки $t_w = 12$ мм ; товщина пояса $t_f = 20$ мм ; ширина пояса $b_f = 300$ мм.

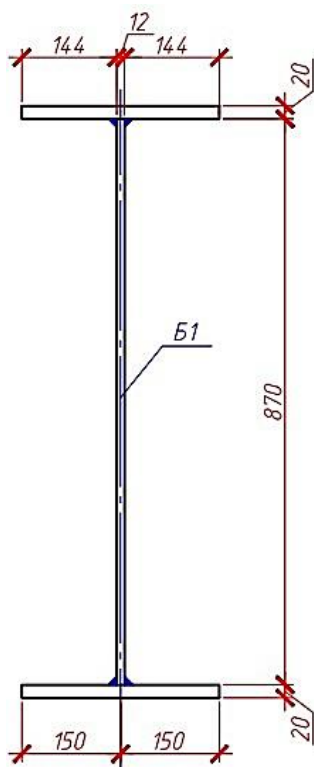


Рисунок 2.11 - Переріз балки покриття

2.5 Розрахунок і конструювання колони К1

Вихідні дані:

- тип перерізу стрижня колони - прокатний двотавр І25К1;
- довжина колони ; $l = 8,78$ м
- геометричні характеристики перерізу :

$h = 246$ мм; $b = 249$ мм; $t_w = 8$ мм; $t_f = 12$ мм; $b_w = 222$ мм; $A = 79,72$ см²; $I_x = 9170,92$ см⁴; $I_y = 3090,06$ см⁴; $W_x = 745,6$ см³; $W_y = 248,2$ см³; $S_x = 410,68$ см³; $S_y = 188,61$ см³; $i_x = 107,26$ мм; $i_y = 62,26$ мм;

Розрахункові зусилля в колоні, отримані за результатами статичного розрахунку рами:

$M = 121,19$ кН · м; $N = -244,13$ кН.

- матеріал колони - сталь С245 ;
- $R_y = 240$ Н/мм², за товщини прокату від 2 до 20 мм включно;

$$- R_{yn} = 245 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; R_{un} = 370 \text{ Н/мм}^2;$$

- зварювання елементів - механізоване дугове в середовищі CO_2 , зварювальний дріт Св-08Г2С, положення швів - нижнє :

$$- R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 [4];$$

$$- R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$- \beta_f = 0,9; \beta_z = 1,05 [4].$$

Конструктивний розрахунок стрижня колони:

Розрахункова довжина колони в площині рами:

$$l_{ef,x} = \mu \cdot l = 1 \cdot 9,685 = 9,685 \text{ м},$$

де $\mu = 1$ - коефіцієнт розрахункової довжини колони;

$l = 9,685 \text{ м}$ - довжина колони.

Розрахункова довжина колони з площини рами:

Стійкість колон із площини рами забезпечують зв'язки ЗВ1, розташовані на позначці +4,440, звідси:

$$l_{ef,y1} = 4,44 + 0,180 = 4620 \text{ мм} = 4,62 \text{ м};$$

$$l_{ef,y2} = 8,595 - 4,44 = 4155 \text{ мм} = 4,155 \text{ м};$$

Перевіримо стійкість стрижня колони з І25К1, прийнятого під час компонування поперечної рами каркаса:

$$\bar{\lambda}_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{9,685 \cdot 10^3}{107,26} \cdot \sqrt{\frac{240}{(2,06 \cdot 10^5)}} = 3,08;$$

Перевіримо стійкість стрижня колони в площині рами. Для цього обчислюємо коефіцієнта :

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} < 1.$$

Тут коефіцієнт $\varphi_e = 0,391$ підрахований за [4] залежно від $\bar{\lambda}_x = 3,08$
 $im_{ef,x} = \eta \cdot m = 1,34 \cdot 5,31 = 1,69 [11]$, де $\eta = 1,34$ обчислений за [4] залежно від:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b \cdot t_f}{(h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w} = \frac{249 \cdot 12}{(246 - 2 \cdot 12) \cdot 8} = 1,68;$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{121,19 \cdot 10^2}{244,13} = 49,64 \text{ см};$$

$$m = \frac{e \cdot A}{W_x} = \frac{49,64 \cdot 79,72}{745,6} = 5,31;$$

$$\eta = 1,4 - 0,02 \cdot \bar{\lambda} = 1,4 - 0,02 \cdot 3,08 = 1,34, \text{ так як } 5 < m \leq 20$$

Таблиця 2.12 - Визначення коефіцієнта φ_e методом білінійної інтерполяції

	7,0	7,12	8,0
3,0	0,147		0,135
3,08	x_1	X	x_2
3,5	0,137		0,125

$$x_1 = \frac{(3,08 - 3,0) \cdot (0,137 - 0,147)}{3,5 - 3,0} + 0,147 = 0,145;$$

$$x_2 = \frac{(3,08 - 3,0) \cdot (0,125 - 0,135)}{3,5 - 3,0} + 0,135 = 0,133;$$

$$X = \varphi_e = \frac{(7,12 - 7,0) \cdot (0,133 - 0,145)}{8,0 - 7,0} + 0,145 = 0,144.$$

$$\alpha = \frac{244,13}{0,144 \cdot 79,72 \cdot 240 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,89 < 1.$$

Оскільки коефіцієнт $\alpha < 1$, то стійкість стрижня колони забезпечена в площині рами.

Гранична гнучкість стрижня колони:

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,89 = 126,6.$$

Фактична гнучкість колони:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{9,685 \cdot 10^3}{107,26} = 90,29 < [\lambda] = 126,6.$$

Перевірка стійкості стрижня колони з площини дії моменту:

Гнучкість стрижня з площини рами:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{4,62 \cdot 10^3}{62,26} = 74,20,$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 74,20 \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,53 < 3,14.$$

Максимальний момент у середній третині стрижня колони (рисунок 2.12).

$$M_x = \frac{2}{3} \cdot 121,19 = 80,73 \text{ кН} \cdot \text{м} [4].$$

Відносний ексцентриситет:

$$m_x = M_x \cdot \frac{A}{N_x \cdot W_x} = 80,73 \cdot 10^2 \cdot \frac{79,72}{244,13 \cdot 745,6} = 3,54 < 5 [4].$$

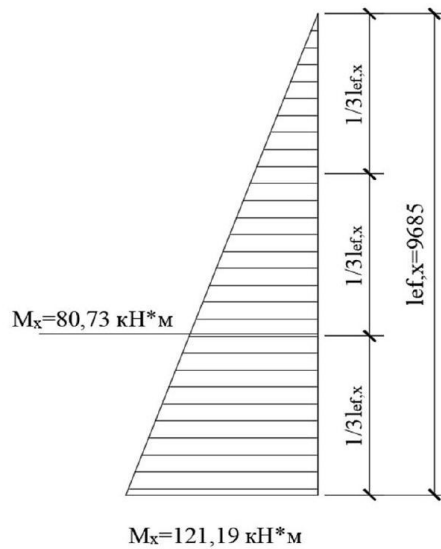


Рисунок 2.12 - Момент у середній третині стрижня колони

Коефіцієнт, що враховує вплив моментів на втрату стійкості стрижня колони з площини рами, у разі $m_x \leq 5$ підраховується за формулою [4].

$$c = \beta / (1 + \alpha \cdot m_x) \leq 1.$$

Для типу перерізу 1 згідно з [4]:

$$\alpha = 0,65 + 0,05 \cdot m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 3,54 = 0,827;$$

$$\beta = 1, \text{ при } \bar{\lambda}_y < 3,14 \text{ згідно [4],}$$

$$c = \frac{1}{1 + 0,817 \cdot 3,54} = 0,26 \leq 1.$$

Напруга в стрижні колони:

$$\sigma = \frac{N}{c \cdot \varphi_y \cdot A} = \frac{244,13 \cdot 10}{0,26 \cdot 0,734 \cdot 79,72} = \frac{160,47 \text{ Н}}{\text{мм}^2} < 240 \text{ Н/мм}^2,$$

де φ_y - коефіцієнт стійкості під час центрального стиснення, підрахований шляхом інтерполяції за [2] за $\bar{\lambda}_y = 2,53$ згідно:

$$\bar{\lambda}_y = 2,4, \varphi = 0,760$$

$$\bar{\lambda}_y = 2,6, \varphi = 0,723$$

$$\varphi_y = \frac{(2,53 - 2,4) \cdot (0,723 - 0,760)}{(2,6 - 2,4)} + 0,760 = 0,734$$

Стійкість стрижня колони К1 із площини рами забезпечено.

2.6 Результати розрахунку поперечної рами в ПК "SCAD"

Перевірка несучої здатності елементів проєктованих і наявних елементів поперечної рами в осях Ж-В виконана за [4].

Розрахунок елементів конструкцій виконано на розрахункові поєднання зусиль, отримані в результаті розрахунку схеми в ПК SCAD Office.

Перевірка перерізів велася також у ПК SCAD Office через вкладку "Сталь". Виходячи з відображення результатів, можна зробити висновок, що перерізи сталевих елементів, призначені під час розрахунку схеми, є достатніми для забезпечення необхідної жорсткості та несучої здатності сталевих конструкцій. Критичні фактори $K_{\max}$ не перевищують значення 1 (рисунк 2.13).

Результати експертизи сталевих конструкцій представлені в додаткуБ.

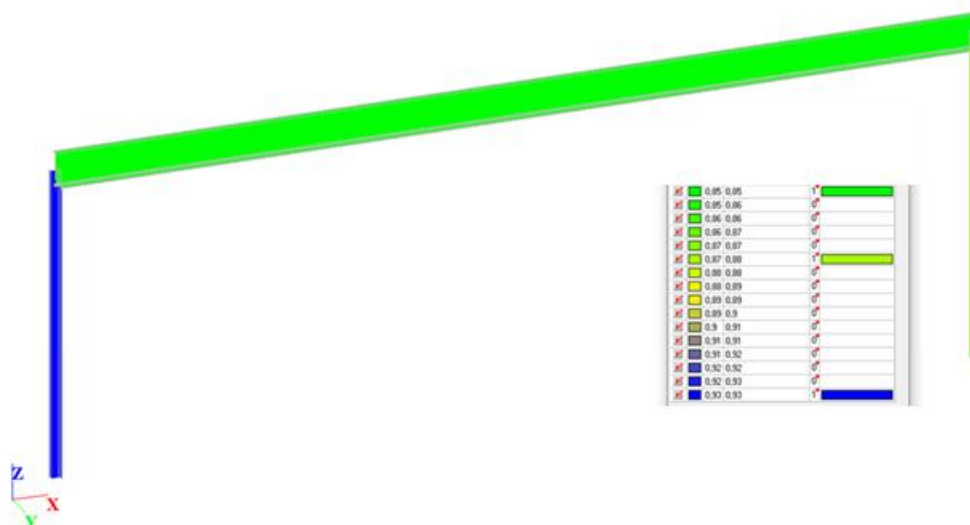


Рисунок 2.13 - Критичні фактори $K_{\max}$

РОЗДІЛ 3

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Питання охорони праці, що стосуються збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включають у себе правові, соціально-економічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи для організацій - учасників будівництва, вирішуються в установленому порядку відповідно до чинного законодавства про охорону праці та колективних трудових договорів у цих організаціях.

Розташування постійних і тимчасових транспортних шляхів, мереж електропостачання, будівельного устаткування, складських майданчиків та інших пристроїв повинно відповідати зазначеному в проекті. Санітарно-побутові приміщення і майданчики для відпочинку працюючих повинні бути розміщені згідно з будгеном, за межами небезпечних зон роботи крана.

Виробничо-побутові приміщення необхідно щодня прибирати, провітрювати. Для збору сміття і покидьків біля виробничо-побутових приміщень необхідно встановити контейнери для збору сміття та урни. Побутові приміщення повинні бути обладнані опалювальними пристроями.

Працівники на будівельному майданчику мають бути забезпечені питною водою, що відповідає всім санітарним нормам. Виробничо-побутові приміщення необхідно забезпечити аптечками з набором медикаментів, інструментів і перев'язувальних матеріалів для надання першої медичної допомоги.

До виконання робіт допускаються робітники не молодше 18 років, які пройшли навчання безпечним методам ведення робіт за затвердженою програмою та отримали посвідчення встановленого зразка.

Перед початком робіт відповідальна особа зобов'язана провести інструктаж працівників безпосередньо на місці ведення робіт.

Забороняється перебування людей і проїзд автотранспорту в зоні переміщення матеріалів і виробів кранами.

Гаки кранів і вантажозахоплювальних пристроїв повинні мати запобіжні

замикальні пристрої. На спеціальних стендах мають бути вивішені типові схеми стропування основних деталей, розроблені проектом виконання робіт, а також зазначено склад стропальників та осіб, відповідальних за переміщення вантажів.

Під час роботи всі сигнали машиністу крана повинні подаватися тільки однією особою - бригадиром монтажної бригади, ланковим або такелажником-стропальником з жовтою пов'язкою на лівій руці та в касці оранжевого кольору. Машиніст крана має бути поінформований про те, чиїм командам він підпорядковується. Сигнал "Стоп" подається будь-яким працівником, який помітив явну небезпеку.

Стропування вантажів слід проводити спеціальними вантажозахватними засобами або інвентарними стропами. Усі вантажозахватні пристосування мають бути випробувані, мати паспорт заводу-виготовлювача, штамп ВТК і металеву бирку із зазначенням номера, вантажопідйомності та дати випробування.

Під час розвантаження елементів із транспортних засобів шофер зобов'язаний виходити з кабіни.

Організація робочих місць під час виконання монтажних та інших робіт на будівлі повинна забезпечувати безпеку виконання робіт. Робочі місця повинні бути вільними від сторонніх предметів і сміття, а в разі потреби повинні мати огороження, захисні та запобіжні пристрої і пристосування.

Подача матеріалів, виробів і вузлів устаткування на робочі місця повинна здійснюватися в технологічній послідовності, що забезпечує безпеку робіт. Складувати матеріали і вироби на робочих місцях слід так, щоб вони не створювали небезпеки під час виконання робіт і не захаращували проходи.

Під час перерв у роботі не допускається залишати підняті елементи конструкцій і устаткування на вазі. Не допускається перебування людей на елементах конструкцій і устаткування під час їх підйому, переміщення та встановлення.

Робітники на висоті понад 1,0 м (монтажники, сигнальні, електрозварювальники, покрівельники та ін.) повинні працювати тільки в перевірених і випробуваних запобіжних поясах і захисних касках.

Не допускається виконання монтажних і покрівельних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/сек і більше, під час ожеледиці, грози або туману, коли немає видимості в межах фронту робіт.

Забороняється скидати будівельне сміття, відходи та матеріали з даху.

Будівельне сміття з будівлі, що будується, слід опускати в закритих ящиках або контейнерах за допомогою крана.

Електрозварювальні установки необхідно приєднувати до мережі електричного струму через рубильники і плавкі запобіжники, або автоматичні вимикачі. Напруга струму на затискачах перетворювачів і випрямлячів (постійний струм) не повинна перевищувати 110 В; трансформаторів змінного струму - 70 В.

Металеві частини електрозварювального устаткування, що не перебувають під напругою, а також зварювані вироби і конструкції на весь час зварювання і монтажу слід заземлювати.

Як зворотний дріт, що приєднується до виробу, який зварюється, не можна використовувати дроти мережі заземлення, труби водопровідні та опалення, металоконструкції, обладнання. Пересувні електрозварювальні установки слід заземлювати сталевими стрижнями завдовжки 2; 1,5; 1,2 м масою 2,9; 2,2; 1,8 кг перерізом не менше ніж 12 мм², забитими в землю з подальшим витягуванням. Перетин мідного дроту для заземлення має бути не менше 6 мм².

Світлова радіація відкритої дуги вражає очі та шкіру на відстані до 10 м від місця зварювання. У радіусі 1 м достатньо 10-30 с впливу світла дуги на очі, щоб з'явилося сильне різьблення, сльозотеча, світлобоязнь. Триваліший вплив світлодуги на очі призводить до тяжких захворювань - електроофтальмії та катаракти.

У разі захворювання очей від світлової радіації необхідно негайно звернутися до лікаря. Надалі до надання медичної допомоги робити примочки очей слабким розчином питної соди.

Зварювальники і монтажники, які працюють з ними, повинні захищати шкіру обличчя та очі від опіків і світлового випромінювання щитками, масками та окулярами зі світлофільтрами, без яких електрозварювальні роботи проводити

забороняється.

Кисневі та газові балони повинні відстояти від місця газополум'яних робіт не менше ніж на 10 м. На такій самій відстані від балонів не допускається проводити електрозварювання, розпалювати багаття, палити.

Для запобігання пожежам ділянка зварювальних робіт повинна бути очищена від стружки, клоччя, тирси, сміття та інших пожежонебезпечних речовин. У разі тривалого впливу іскор і крапель розплавленого металу на дерев'яні риштування слід закривати дерево від загоряння сталевим листом або азбестом, а в спекотну пору додатково поливати водою.

Після закінчення зміни необхідно ретельно перевірити ділянку на предмет відсутності тліючих матеріалів.

Поруч із місцем виконання зварювальних робіт має бути організований протипожежний пост.

Під час очищення поверхні та шліфування необхідно користуватися захисними окулярами. Під час промивання поверхонь розчином соляної кислоти робітники повинні користуватися захисними окулярами, гумовими чобітьми і рукавичками. Тара з-під клеїв і фарб повинна зберігатися в спеціально обладнаних у відведеному місці поза приміщеннями на відведеному майданчику, віддаленому від місця роботи не менше ніж на 30 м.

Лакофарбові, ізоляційні, оздоблювальні та інші матеріали, що виділяють шкідливі речовини, допускається зберігати на робочих місцях у кількостях, що не перевищують змінної потреби.

Адміністрації будівництва слід передбачити розроблення та проведення оздоровчих заходів щодо поліпшення умов праці, побуту, відпочинку працюючих, профілактики професійної та виробничо-обумовленої захворюваності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розділ 1. Архітектурно-будівельний. У цьому розділі проаналізовано функціонально-планувальну організацію одноповерхової будівлі спортивного комплексу. Розроблено архітектурне рішення з урахуванням нормативних вимог до освітлення, вентиляції, акустики, безбар'єрності та енергозбереження. Запроєктоване оздоблення фасадів та інтер'єрів ґрунтується на сучасних матеріалах і композиційних прийомах, що підвищують естетичну привабливість об'єкта.

Розділ 2. Розрахунок і конструювання несучих конструкцій. Виконано повний цикл розрахунків основних несучих елементів: прогонів, балок покриття, колон, поперечної рами. Розрахунки проводилися відповідно до чинних нормативів із застосуванням методів будівельної механіки та програмного комплексу SCAD. Усі конструктивні рішення забезпечують надійність, стійкість та просторову незмінюваність споруди. Проведено аналіз міцності, жорсткості та стійкості елементів, що підтверджує доцільність прийнятих рішень.

Розділ 3. Безпека життєдіяльності. У цьому розділі проаналізовано основні небезпеки, пов'язані з експлуатацією будівлі. Запропоновано заходи щодо створення безпечних умов праці, дотримання пожежної безпеки та санітарно-гігієнічних норм. Акцент зроблено на ергономіку робочого середовища, безпечне переміщення людей та ефективну евакуацію.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено проєкт спортивного комплексу, що відповідає сучасним вимогам до громадських будівель. Запропоновані архітектурно-конструктивні рішення забезпечують функціональність, енергоефективність, естетичність і безпечність експлуатації об'єкта. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні аналогічних будівель у межах України.

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. Бодрова Л.Г., Ковальчук Я.О., Крамар Г.М. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів /Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». /Категорія В/ Випуск №66, Луцьк, 2019. С.165-171.
10. ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві холодногнуті. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.
11. Конончук, О. П., Дідик, Н. Б., Кейса, М. В., & Копач, О. О. (3.4). Дослідження впливу різних видів навантаження на роботу каркасу будівлі методом скінчених елементів. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних

технологій», 1, 16-17.

12. Конончук, О. П., Лещук, М. Р., Винницький, М. В., Лещишена, О. В., Бариш, С. В., & Антоняк, Я. В. (3.5). Вивчення напружено-деформованого стану залізобетонних елементів таврового профілю. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 20-20.

13. Конончук, О. П., Хома, І. Б., & Чайковський, А. С. (3.6). Дослідження деформацій і зусиль в елементах каркасу будівлі від різного роду зовнішніх навантажень. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 9-10.

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 клесні. 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. V. Bobyk, H.Kramar Features of increasing the energy efficiency of buildings and transparent fencing structures / Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 115. — No 3. — P. 44–53.

30. Щепановський, В., Лебедєва-Скочеляс, Н., Янковий, С., & Ясній, В. П. (3.9). Моделювання поведінки залізобетонної балки підсиленої сплавом із пам'яттю форми. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 47-48.

31. ДСТУ Б В.2.8-10-98:1999. Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри. Технічні вимоги. — Київ: Держбуд України, 1999.

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

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