

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Проект автосервісу з дослідженням

вогнестійкості тримких конструкцій

Виконав(ла): студент(ка)

6

 курсу, групи

МБмд-61

спеціальності

192 Будівництво та цивільна

інженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Шетеля В.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Сорочак А.П. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мещерякова О.М. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Ясній В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Кошалко С.А. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультетінженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедрабудівельної механіки

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)(прізвище та ініціали)

«__»_____2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступенямагістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студентуШетеля Василь Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботиПроект автосервісу з дослідженням

вогнестійкості тримких конструкцій

Керівник роботи к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович

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

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2024 року № 4/7-1093

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – місто Чоп Закарпатської обл.

Вітровий район – 1. Сніговий район – 4. Сейсмічність – 7 балів. Висота виробничих приміщень – 5,9 м.

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

Архітектурно-будівельна частина. Розрахунково-конструктивна частина.

Науково-дослідна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Генеральний план. План на відм. 0,000. План покрівлі. Фасади. Розрізи. Схема розміщення елементів металевих конструкцій. План фундаментів. Результати дослідження вогнестійкості тримких конструкцій.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Архітектурно-будівельний	к.т.н., доц. Сорочак А.П.		
Розрахунково-конструктивний	к.т.н., доц. Сорочак А.П.		
Науково-дослідний	к.т.н., доц. Сорочак А.П.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Каспрук В.Б.		
Безпека в надзв. ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Шетеля В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сорочак А.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Опис місцевих кліматичних умов району будівництва	7
1.2 Розрахунок рози вітрів	8
1.3 Рішення генерального плану	8
1.4 Опис об'ємно-планувальних рішень	11
1.5 Теплотехнічний розрахунок	14
1.5.1 Теплотехнічний розрахунок покриття	14
1.5.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	15
1.6 Опис конструктивного рішення	15
1.7 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення	16
1.8 Протипожежні вимоги.....	18
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Вихідні дані для проведення розрахунку	19
2.2 Вибір конструктивної схеми.....	20
2.3 Розрахунок металевго каркаса.....	20
2.3.1 Збір постійного навантаження від власної ваги металевго каркаса	23
2.3.2 Збір постійного навантаження від стінових панелей	23
2.3.3 Збір постійного навантаження від покрівельних панелей	24
2.3.4 Збір снігового навантаження.....	25
2.3.5 Збір навантаження від вітру	25
2.3.6 Збір сейсмічного навантаження	26
2.3.7 Формування розрахункових сполучень зусиль.....	27
2.3.8 Результати розрахунку металевго каркаса	28
2.4 Проектування основ та фундаментів	36
2.4.1 Вихідні дані.....	36
2.4.2 Збір навантажень на фундамент	36
2.4.3 Визначення глибини закладення фундаменту.....	39

	4
2.4.4 Розрахунок за деформаціями основ.....	39
2.4.5 Розрахунок анкерних болтів.....	41
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	44
3.1 Аналіз проблеми дослідження вогнестійкості тримких елементів конструкцій.....	44
3.2 Методика дослідження вогнестійкості металевого тримкого каркасу	46
3.3 Результати дослідження вогнестійкості тримкого металевого каркаса будівлі автосервісу.....	48
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
4.1 Техніка безпеки при експлуатації будівельних машин	51
4.2 Розрахунок опору заземлюючого пристрою.....	55
4.3 Забезпечення пожежної безпеки на об'єкті	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
БІБЛІОГРАФІЯ.....	61
ДОДАТОК А Коефіцієнти РСН	65

ВСТУП

Актуальність роботи. Високі темпи зростання парку автомобілів, що належать громадянам, ускладнення їхньої конструкції, залучення дедалі більшої кількості осіб, некомпетентних у питаннях "самообслуговування" транспортних засобів, що їм належать, інтенсифікація руху на дорогах та інші чинники, ставлять завдання для введення в експлуатацію сучасних станцій технічного обслуговування, з висококваліфікованим персоналом, що змогли б на високому рівні здійснити ремонт автомобіля.

В кваліфікаційній роботі розроблено проєкт сучасного автосервісу. Основою будівлі служать металеві конструкції та залізобетонні фундаменти стовпчастого типу. Попри значні технічні та експлуатаційні переваги металевих конструкцій, вони володіють суттєвим недоліком – зниженою вогнестійкістю, що має критичне значення для інфраструктурних об'єктів автомобільного сервісу, де наявні підвищені пірогенні навантаження внаслідок концентрації горючих рідин, мастильних матеріалів та ризиків технологічного займання під час діагностики та ремонту транспортних засобів.

Мета роботи – дослідження вогнестійкості металевих тримких конструкцій будівлі автосервісу.

Основні завдання роботи:

- визначити методику дослідження вогнестійкості металевих тримких конструкцій;
- провести оцінку вогнестійкості тримких металевих конструкцій проєктованої будівлі автосервісу;
- за необхідності розробити заходи додаткового вогнезахисту конструкцій.

Об'єкт дослідження – тримкі конструкції металевого каркасу будівлі автосервісу.

Предмет дослідження – вогнестійкість металевих тримких конструкцій автосервісу.

Наукова новизна результатів:

1. Отримала подальший розвиток методика дослідження вогнестійкості тримких елементів металевого каркасу шляхом комп'ютерного моделюючого експерименту.

Практична значимість результатів. В роботі виконано дослідження вогнестійкості тримких елементів металевого каркасу будівлі автосервісу. Проведено підбір та конструювання перерізів металевих тримких елементів. Виконано проектування фундаментів під будівлі.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження доповідались на XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні задачі сучасних технологій».

Публікації. Шетеля В.І. Дослідження вогнестійкості тримких конструкцій будівлі автосервісу / Шетеля В.І., Сорочак А.П. // Актуальні задачі сучасних технологій. Праці XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року). – Т. : ФОП Паляниця В.А., 2024. – С. 124.

Ключові слова: ВОГНЕСТІЙКІСТЬ, МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ, АВТОСЕРВІС, КРИТИЧНА ТЕМПЕРАТУРА.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис місцевих кліматичних умов району будівництва

В кваліфікаційній роботі проектується автосервіс для ремонту та обслуговування автомобілів в м. Чоп Закарпатської області. Місце будівництва відноситься до III кліматичного району, підрайон ІІІБ згідно з картою архітектурно-будівельного кліматичного районування України [1].

Цей район характеризується такими параметрами:

- середня річна температура повітря $9,8^{\circ}\text{C}$;
- середньомісячна температура зовнішнього повітря в січні $-2,4^{\circ}\text{C}$;
- середньомісячна температура зовнішнього повітря в липні $20,3^{\circ}\text{C}$;
- температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 -23°C ;
- температура зовнішнього повітря найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 27°C ;
- тривалість опалювального періоду 154 доби;
- середня температура зовнішнього повітря під час опалювального періоду $1,4^{\circ}\text{C}$;
- середня швидкість вітру за три зимових місяці $2,5 \text{ м/с}$;
- середня відносна вологість повітря за рік 72%;
- кількість опадів за рік 742 мм;
- снігове навантаження $S_0 = 1340 \text{ Па}$ (4 район) [2];
- вітрове навантаження $W_0 = 370 \text{ Па}$ (1 район) [2];
- сейсмічність 7 балів [3].

Розрахункову температуру внутрішнього повітря приймаємо на рівні 20°C згідно вимог [4] як для виробничих приміщень з категорією робіт середньої важкості.

1.2 Розрахунок рози вітрів

Значення повторюваності та середньої швидкості вітру для Закарпатської області в січні та липні наведено в табл. 1.1 згідно даних [1].

Таблиця 1.1 – Повторюваність напрямку та середня швидкість вітру в м. Чоп Закарпатської області

Місяць	Напрямок	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
Січень	Повторюваність, %	9,6	3,4	12,1	36,9	12,2	3,1	7,3	15,4	25,1
	Середня швидкість, м/с	3,3	2,2	2,7	3,2	2,5	2,0	2,0	3,0	-
Липень	Повторюваність, %	16,4	9,1	17,5	15,6	9,8	5,8	9,4	16,4	21,5
	Середня швидкість, м/с	3,4	2,8	2,6	2,8	2,7	2,5	2,5	3,2	-

Як бачимо, впродовж року переважаючими є вітри південно-східного напрямку (рис. 1.1), що необхідно врахувати під час розміщення будівлі на місцевості. Ділянка будівництва розміщена на північ від районів житлової забудови м. Чоп, тобто переважно вітер дме з ділянки розміщення автосервісу за межі населеного пункту.

1.3 Рішення генерального плану

Ділянка проєктування розташована в м. Чоп Закарпатської області біля перетину автомагістралей міжнародного значення М-06 Київ-Чоп та М-25 Яноші-Чоп. За 800 м від майданчику будівництва розташована автозаправна станція

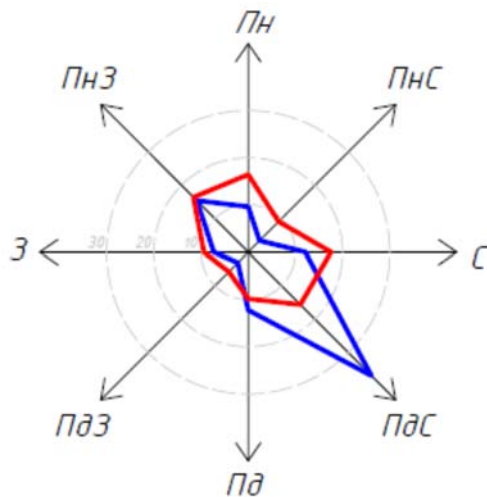


Рисунок 1.1 – Роза вітрів для м. Чоп

ОККО. Через розв'язку на перехресті автомагістралей забезпечено виїзд на вулицю Млинну та вулицю Перемоги, що дає доступ до послуг автосервісу не тільки транзитному транспорту, а також мешканцям міста.

Земельна ділянка примикає до смуги відведення траси М-25 з півночі та межує з землями сільськогосподарського призначення. Розміщення та орієнтація ділянки, відведеної для спорудження будівлі автосервісу, наведено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Ситуаційний план ділянки

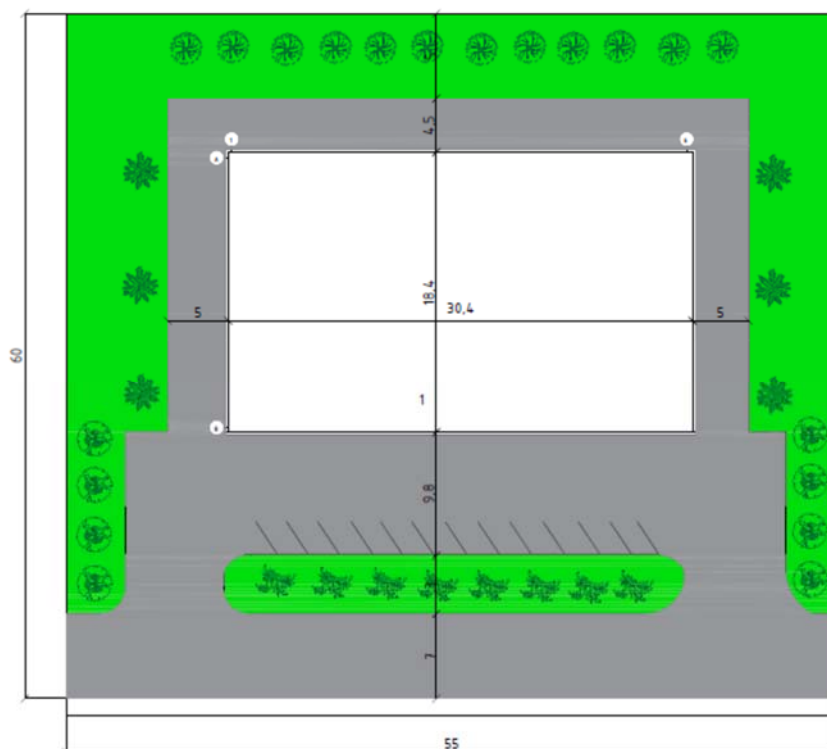


Рисунок 1.3 – Генеральний план

Поверхня ділянки рівна. Середня відмітка становить 154 м .

Відведення дощових вод здійснюється шляхом улаштування поздовжніх та поперечних ухилів, що забезпечують самопливний стік атмосферних опадів до локальних водоприймальних пристроїв, а далі – в системи зливової каналізації.

В'їзд на територію передбачено з південного боку зі сторони автомагістралі. З боку під'їзду передбачені тимчасові автопаркувальні місця 12 шт., в т.ч. два місця для маломобільних груп населення.

Після завершення будівельних робіт передбачено відновлення асфальтобетонного покриття та озеленення. З західної сторони ділянки передбачено розміщення лавок для відпочинку відвідувачів та працівників.

З кожного боку навколо будівлі автосервісу передбачено пожежний проїзд, дорога шириною 5 м [5].

Пропоноване рішення генерального плану забудови показано на рис. 1.3.

Техніко-економічні показники забудови наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Техніко-економічні показники будівлі автосервісу

№	Показник	Площа
1	Площа ділянки	0,40 га
2	Площа забудови	559,36 м ²
3	Площа озеленення	578,25 м ²
4	Площа доріг і проїздів	534,3 м ²

1.4 Опис об'ємно-планувальних рішень

Будівля автосервісу прямокутна в плані. Розміри в осях 30×18 м. За умовну відм. 0,000 прийнято позначку чистої підлоги першого поверху. Найвища відмітка проектованої будівлі +7,900 м.

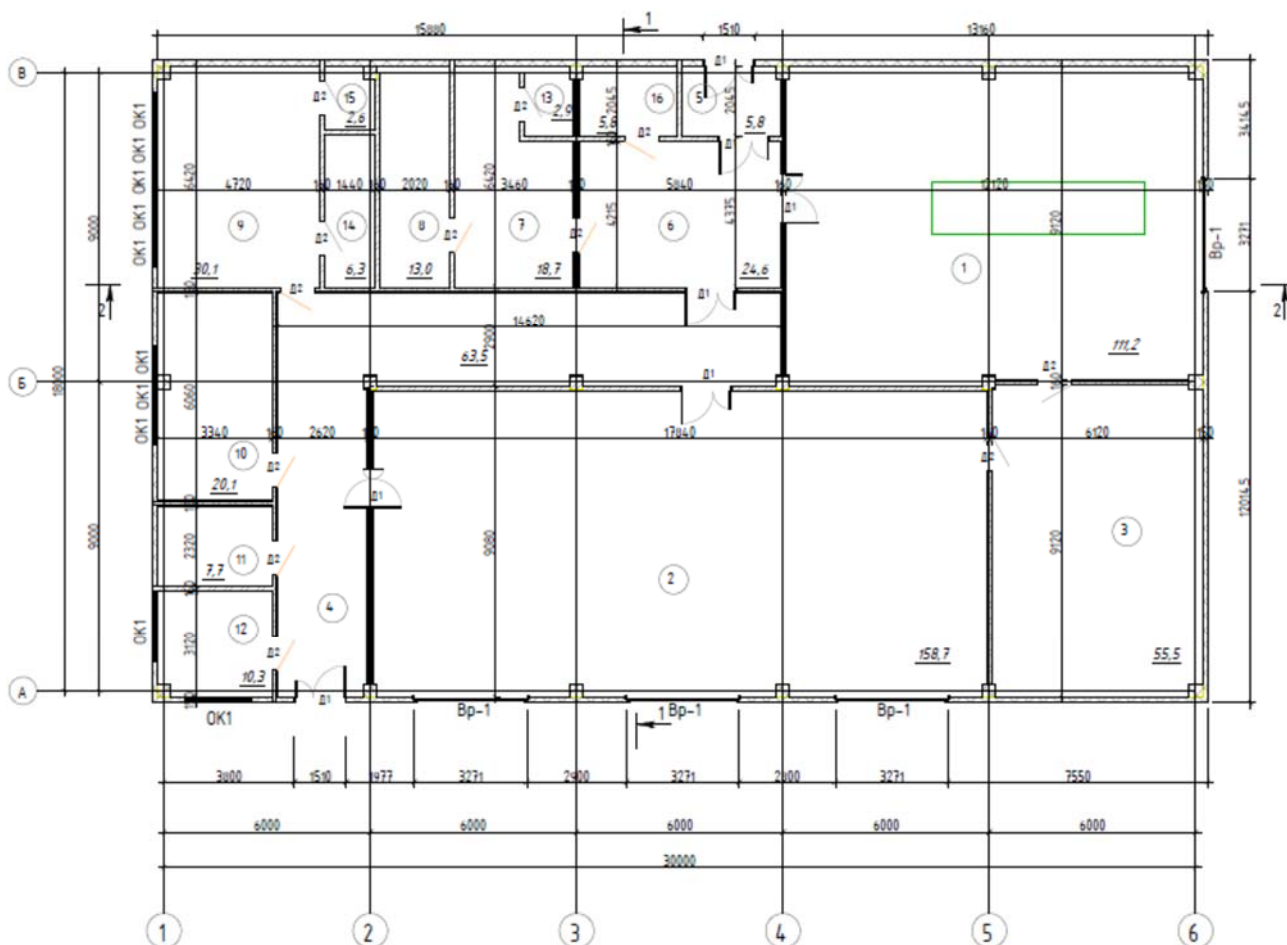


Рисунок 1.4 – План автосервісу на відмітці 0,000

Висота побутових і технічних приміщень прийнята 3 м. Висота виробничих приміщень 5,9 м.

За функціонально-типологічною групою будівель і споруд об'єкт належить до будівель і приміщень сервісного обслуговування населення.

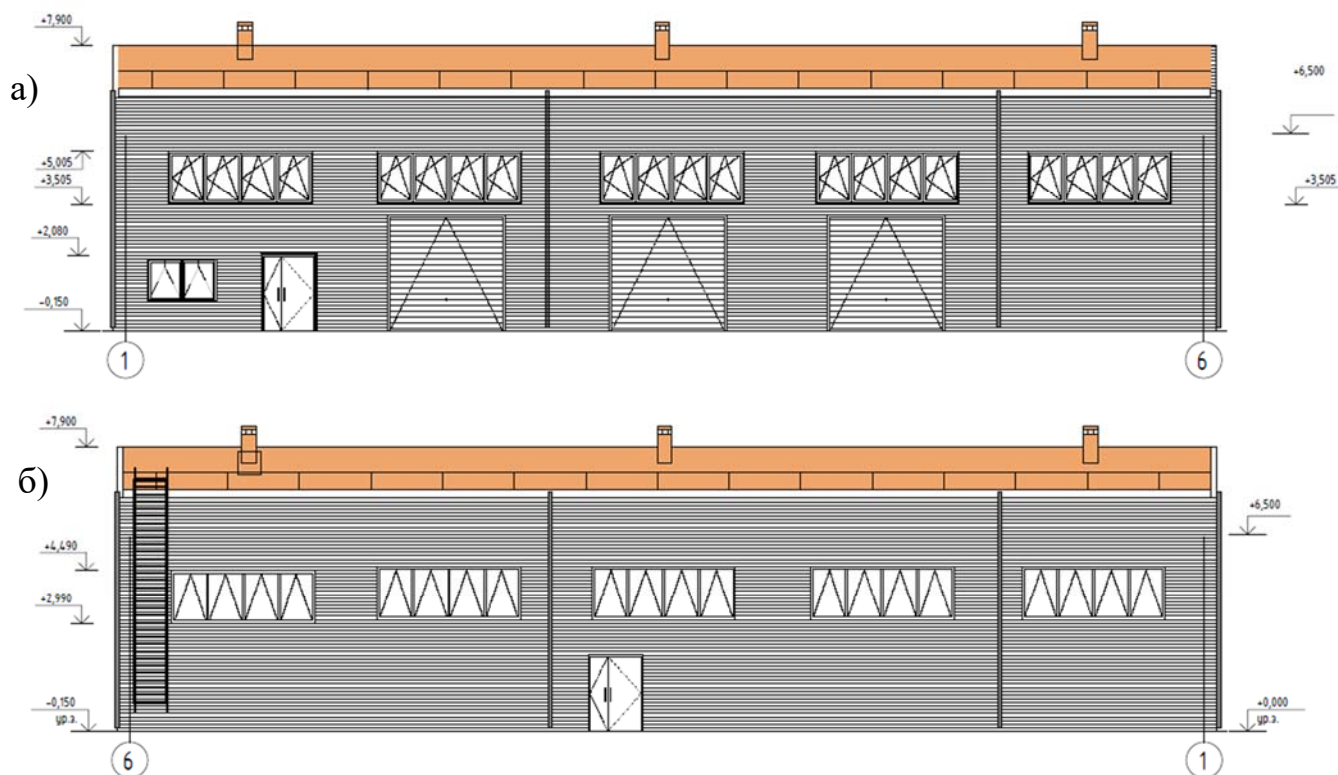
У будівлі розміщено такі приміщення: зона поточного ремонту – 2 пости, зона автомийки автомобілів з можливістю самообслуговування – 2 пости, майстерня, склад, кімнати для персоналу – гардеробні, кухня, кімната відпочинку, санітарні кімнати. Передбачено приміщення для адміністрації.

План автосервісу на відмітці 0,000 наведено на рис. 1.4. Експлікація приміщень до плану наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Експлікація приміщень до плану автосервісу на відмітці 0,000

Номер приміщення	Назва	Площа, м ²
1	2	3
1	Зона поточного ремонту	111,18
2	Зона кузовного ремонту	158,72
3	Майстерня	55,54
4	Склад	63,50
5	Тамбур	5,76
6	Хол	24,62
7	Приміщення для персоналу	18,69
8	Душова	12,98
9	Кімната відпочинку, кухня	30,14
10	Адміністративний кабінет	20,08
11	Кімната відпочинку	7,75
12	Приймальня	10,26
13	Санвузол	2,90
14	Кладовка	6,33
15	Тепловий вузол	2,56
16	Гардероб	5,76

Фасади будівлі автосервісу показано на рис. 1.5. Фасади виконано у світло-сірому кольорі RAL 7035, що надає будівлі нейтрального та стриманого зовнішнього вигляду. Вибір даного кольорового рішення дозволяє створити сучасний архітектурний образ промислової споруди, який гармонійно інтегрується в навколишнє середовище та відповідає вимогам функціональності та дизайну.



а) – в осях 1-6; б) – в осях 6-1

Рисунок 1.5 – Фасади будівлі автосервісу

Основним напрямком діяльності об'єкта є технічне обслуговування та ремонт автомобільного транспорту. Два пости для сервісу мийки автомобілів оснащені сучасними насосами. Два пости для поточного ремонту автомобілів оснащені автоматичними домкратами (рис. 1.6). Просторова, планувальна і функціональна організація будівлі ґрунтується на санітарно-гігієнічних, протипожежних нормах і вимогах інших чинних нормативно-технічних документів. Планувально-технологічну схему об'єкта виконано на основі поділу будівлі на самостійні зони з урахуванням функціонального призначення.

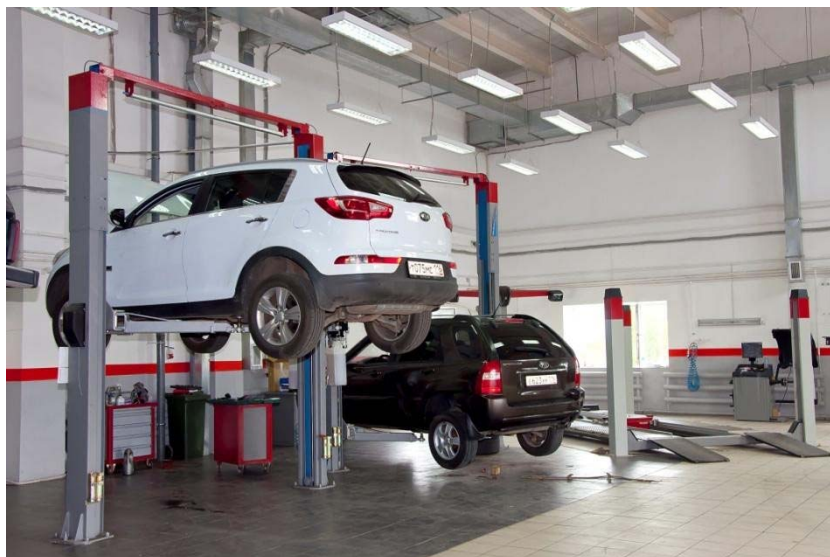


Рисунок 1.6 – Домкрат для підйому автомобілів

1.5 Теплотехнічний розрахунок

1.5.1 Теплотехнічний розрахунок покриття

Для другої температурної кліматичної зони нормативним документом [6] встановлено мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій покриття на рівні $R_{q\min} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Опір теплопередачі багатошарової конструкції визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}} \geq R_{q\min} \quad (1.1)$$

де $h_{si} = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнти теплообміну відповідно для внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції покриття згідно [7];

δ_i , λ_i – товщина та теплопровідність i -го шару конструкції.

У табл. 1.4 представлено склад та характеристики шарів панелі покриття.

Тоді мінімально необхідна товщина теплоізолюючого шару покрівлі складе:

$$\delta_2 = \left(R_{q\min} - \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_{se}} \right) \right) \cdot \lambda_2 = \left(6 - \left(\frac{1}{10} + \frac{0,005}{58} + \frac{0,005}{0,58} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,041 = 0,240 \text{ м}$$

Таблиця 1.4 – Склад панелі покриття

№	Матеріал	δ , м	λ , Вт/(м·К)
1	Сталь листова	0,005	58
2	Базальтова вата	δ_2	0,041
3	Сталь листова	0,005	58

Таким чином, приймаємо необхідну товщину утеплювача для сендвіч-панелі покриття автосервісу $\delta_2 = 0,25$ м.

1.5.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Для другої температурної кліматичної зони нормативним документом [6] встановлено мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій зовнішніх стін на рівні $R_{q\min} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Склад стінової сендвіч-панелі аналогічний до складу, наведеного для конструкції покриття в табл. 1.4.

Тоді з ф-ли (1.1), враховуючи що для стінового огородження $h_{si} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $h_{se} = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, знайдемо

$$\delta_2 = \left(R_{q\min} - \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_{se}} \right) \right) \cdot \lambda_2 = \left(3,5 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{58} + \frac{0,005}{0,58} + \frac{1}{12} \right) \right) \cdot 0,041 = 0,135 \text{ м}$$

Приймаємо необхідну товщину утеплювача для стінової сендвіч-панелі автосервісу $\delta_2 = 0,15$ м.

1.6 Опис конструктивного рішення

Для проектованої будівлі автосервісу було обрано металевий каркас типу «Молодечно» з замкнених гнутих зварних профілів. Основними тримками

конструкціями каркаса є наскрізні однопролітні ферми з гнutoзварних труб за [8]. Крок основних тримких конструкцій 6 м.

Сполучення конструкцій колон із фундаментом жорстке; середніх стійок рам і стійок фахверка – жорстке. Сполучення ферми з крайніми стійками жорстке; із середніми стійками – шарнірне. Стійкість і геометрична незмінність будівлі забезпечується: у поперечному напрямку – конструкціями колон і ферм; у поздовжньому напрямку – системою вертикальних зв'язків і розпірок.

Жорсткість покриття забезпечується системою горизонтальних зв'язків і розпірок. Прогони покриття виконані за розрізною схемою. Крок прогонів покриття приймається рівним 3 м залежно від навантаження на покриття і тримкої здатності покрівельних огорожувальних конструкцій. Перетини прогонів покриття прийняті з прокатних швелерів.

Фундаменти залізобетонні стовпчасті з бетону класу C12/15.

Зовнішні стіни – стінові сендвіч-панелі USP з мінераловатним наповнювачем.

Покрівля плоска з ухилом 10° з покриттям із покрівельних панелей USP з мінераловатним наповнювачем.

Водостік зовнішній організований, оснащений кабелями для підігріву водостоку в холодну пору року.

1.7 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Опорядження внутрішніх приміщень автосервісу передбачає використання функціональних та зносостійких оздоблювальних матеріалів. У побутових зонах здійснюється нанесення світловідбивних фарбових складів, що забезпечують оптимальну освітленість та гігієнічність поверхонь.

У санітарних вузлах, зокрема душових приміщеннях, проєктом передбачено укладання керамічної плитки класу протиковзкості R12, яка гарантує безпеку експлуатації.

Зона технологічного обслуговування та автомийки характеризується спеціалізованим покриттям – прозорим полімерним складом, нанесеним на бетонну основу, що забезпечує хімічну стійкість, зносостійкість та легкість прибирання.

В адміністративному секторі стіни оздоблюються високоякісними мийними матовими фарбами датського виробництва Flugger, серії Flutex 5, а підлогове покриття виконується з керамограніту.

Екстер'єр будівлі реалізовано з використанням сендвіч-панелей USP з мінераловатним наповнювачем, що забезпечує ефективну теплоізоляцію та сучасний дизайн. Фасади виконано у світло-сірому кольорі RAL 7035, що надає будівлі нейтрального та стриманого зовнішнього вигляду, який гармонійно інтегрується в навколишнє середовище та відповідає вимогам функціональності та дизайну.

Світлопрозорі огороження представлені світлопрозорими конструкціями з ПВХ-профілів, які відповідають сучасним вимогам енергоефективності та мікроклімату.

Фотореалістичне зображення (рендер) для фасаду в осях 6–1 показано на рис. 1.7.



Рисунок 1.7 – Фотореалістичне зображення фасаду автосервісу в осях 6–1

1.8 Протипожежні вимоги

Приміщення для обслуговування та ремонту автомобілів належать до підвищеного класу пожежної небезпеки.

Входи і в'їзди в приміщення для обслуговування і ремонту автомобілів ізолювані від входів і в'їздів в інші частини будівлі, і мають окремі в'їзди.

Усі приміщення забезпечені автоматичним пожежогасінням.

Приміщення в будівлі для обслуговування автомобілів забезпечуються ручними та пересувними вогнегасниками [5]. Для гасіння пожеж у приміщеннях для обслуговування автомобілів передбачено наступний тип – повітряно-пінні з об'ємом заряду ВТВ не менше 8 л.

Розміщення вогнегасників і покривал для ізоляції вогнища загоряння здійснюється в легкодоступних місцях приміщень на стінах у металевих кронштейнах із клямкою.

Усі приміщення для обслуговування та ремонту автомобілів, а також адміністративна частина будівлі, обладнані системою оповіщення.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Вихідні дані для проведення розрахунку

Місце будівництва автосервісу розташоване в м. Чоп Закарпатської області та відноситься до III кліматичного району, підрайон ІІБ згідно з картою архітектурно-будівельного кліматичного районування України [1].

Цей район характеризується такими параметрами:

- середня річна температура повітря $9,8^{\circ}\text{C}$;
- середньомісячна температура зовнішнього повітря в січні $-2,4^{\circ}\text{C}$;
- середньомісячна температура зовнішнього повітря в липні $20,3^{\circ}\text{C}$;
- температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 складає -23°C ;
- температура зовнішнього повітря найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 складає 27°C ;
- тривалість опалювального періоду 154 доби;
- середня температура зовнішнього повітря під час опалювального періоду становить $1,4^{\circ}\text{C}$;
- переважаючий напрям вітру в січні – південно-східний;
- переважаючий напрям вітру в липні – східний;
- середня швидкість вітру за три зимових місяці $2,5 \text{ м/с}$;
- середня відносна вологість повітря за рік 72%;
- кількість опадів за рік 742 мм;
- снігове навантаження $S_0 = 1340 \text{ Па}$ (4 район) [2];
- вітрове навантаження $W_0 = 370 \text{ Па}$ (1 район) [2];
- сейсмічність 7 балів [3];
- категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – 2.

2.2 Вибір конструктивної схеми

Будівля одноповерхова, у плані прямокутна, висота будівлі в коньку має позначку +7,900 м. Довжина будівлі по осях 1 – 6 30 м, проліт по осях А – В 18 м. Крок рам 6 м. Відмітка чистої підлоги $\pm 0,000$, що відповідає абсолютній відмітці 105,1 м. Відмітка рівня землі $-0,015$ м.

У поперечному розрізі будівля має двосхилу покрівлю, покрівля має ухил $i = 10^\circ$.

Як огорожувальну конструкцію для зовнішніх стін на основі теплотехнічного розрахунку (див розділ 1.5.1) прийнято сендвіч-панель з мінераловатним наповнювачем товщиною 150 мм за каталогом панелей USP.

Як покрівельну огорожувальну конструкцію на основі теплотехнічного розрахунку (див розділ 1.5.2) прийнято тришарову покрівельну сендвіч-панель з мінераловатним наповнювачем товщиною 250 мм за каталогом панелей USP.

2.3 Розрахунок металевого каркаса

Розрахунок металевого каркаса було виконано за допомогою методу скінчених елементів з використанням програмного комплексу ЛІРА-САПР 2022.

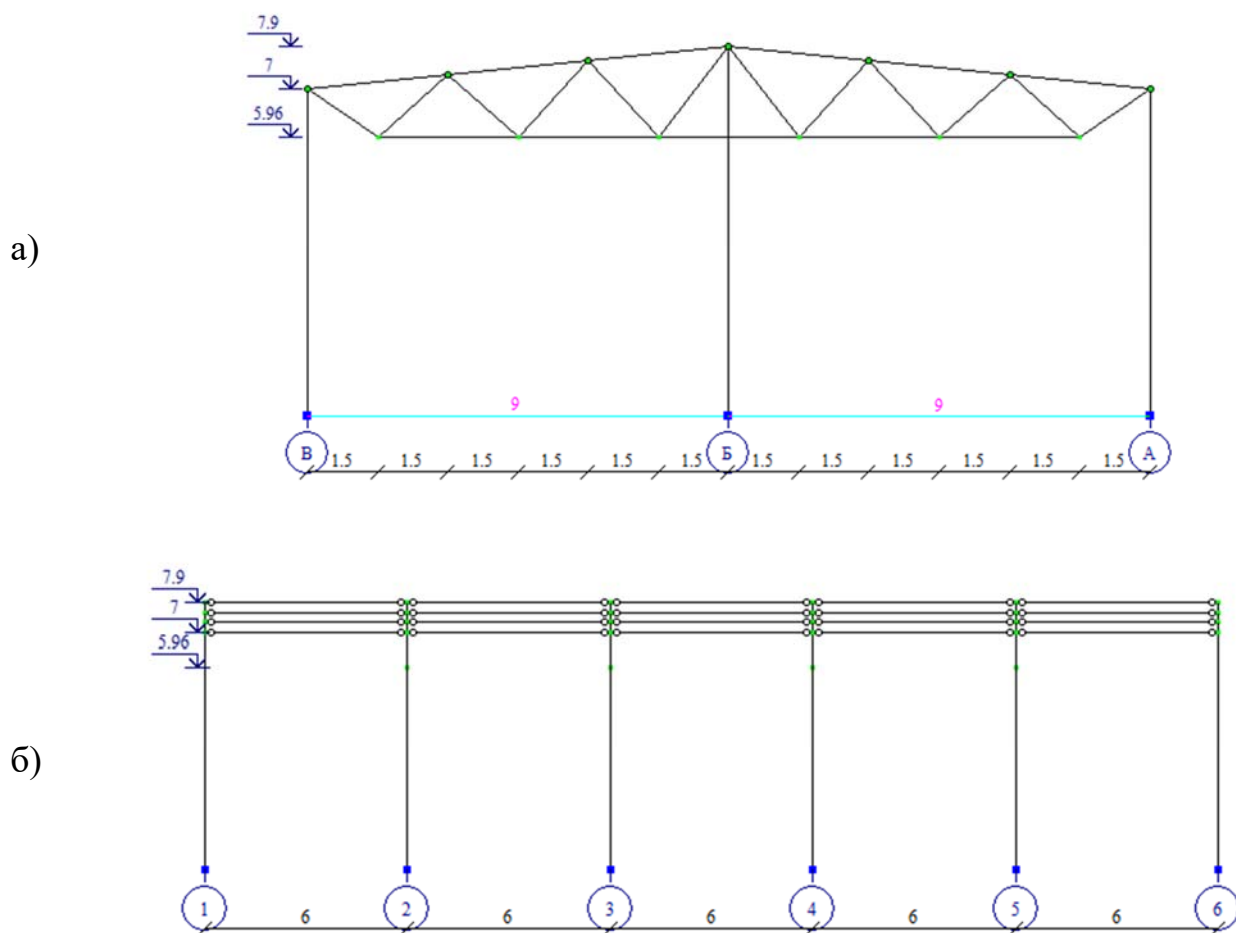
Процес створення розрахункової схеми для аналізу тримкої здатності будівлі автосервісу передбачає послідовне виконання низки взаємопов'язаних операцій. Спочатку виконується підготовча стадія задання геометричних параметрів конструкцій та формування просторової розрахункової схеми з урахуванням специфіки тримких та огорожувальних елементів будівлі.

Формування розрахункової схеми розпочинається з побудови каркасної геометрії металевих ферм, які представляють тримку конструкцію покрівлі. Для цього використовуються лінійні скінченні елементи стрижневого типу (тип 1) з урахуванням жорсткісних характеристик профільного прокату. Вузли ферм дискретизуються з прив'язкою до координатних осей будівлі.

Важливим етапом є коректне призначення граничних умов та врахування особливостей закріплення тримких конструкцій. Виконується моделювання шарнірних та жорстких з'єднань з деталізацією вузлових елементів, що суттєво впливає на достовірність подальшого розрахунку.

Завершальною стадією підготовки розрахункової схеми є призначення розрахункових навантажень, включаючи власну вагу конструкцій, вагу огорожень, снігові, вітрові та технологічні навантаження. Використовуються нормативні документи для визначення розрахункових значень з врахуванням кліматичних та експлуатаційних особливостей об'єкта.

Сформована таким чином розрахункова схема (рис. 2.1) дозволяє виконати просторовий аналіз напружено-деформованого стану конструкцій з високим



а) – в проекції на площину XZ; б) – в проекції на площину YZ

Рисунок 2.1 – Стрижнева розрахункова схема

ступенем адекватності та точності відтворення реальної поведінки будівельної системи.

Для розрахунку конструкцій методом скінченних елементів необхідно задатися початковими значеннями жорсткості елементів. Для цього всім стержневим елементам задаємо перерізи сталевих сортamentу відповідно до табл. 2.1, виходячи з досвіду проєктування подібних конструкцій. Розрахункова схема каркасу автосервісу з призначеними типами жорсткості показана на рис. 2.2.

Таблиця 2.1 – Початкові характеристики перерізів каркаса

Вид елемента	Тип жорсткості схеми	Переріз
Колони	1	40К1
Балки	2	20Б1
Сталева ферма з гнутозварних профілів	3 (нижній пояс)	120x4
	4 (верхній пояс)	160x120x6
	5 (розкоси)	100x4
Прогони	6, 7	22П

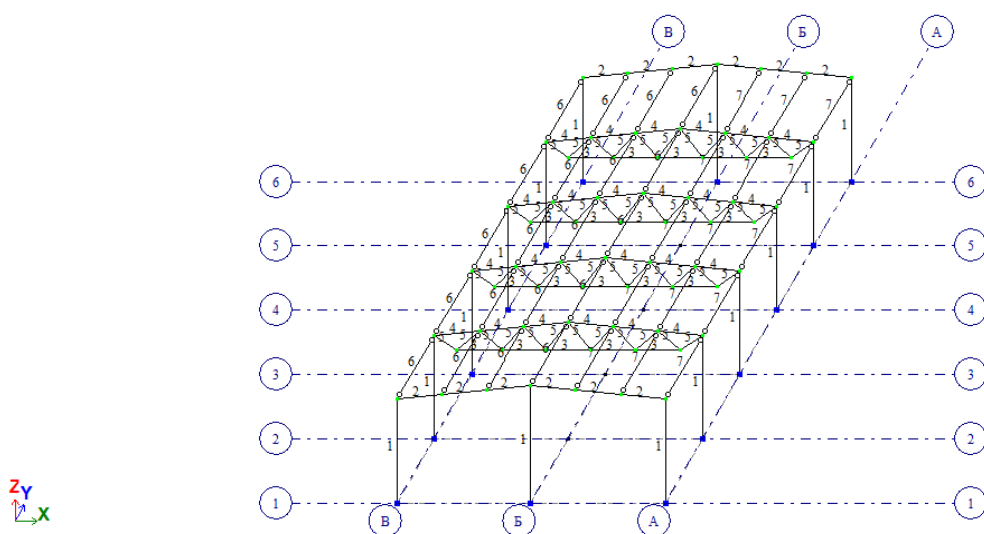


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема каркасу автосервісу з призначеними типами жорсткості

2.3.1 Збір постійного навантаження від власної ваги металевого каркаса

Розраховується складанням ваги всіх частин конструкції, розрахунок проводиться автоматично в програмі ЛІРА-САПР на основі даних про призначені перерізи і матеріали. Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,05$. Схему навантажень на каркас представлено на рис. 2.3.

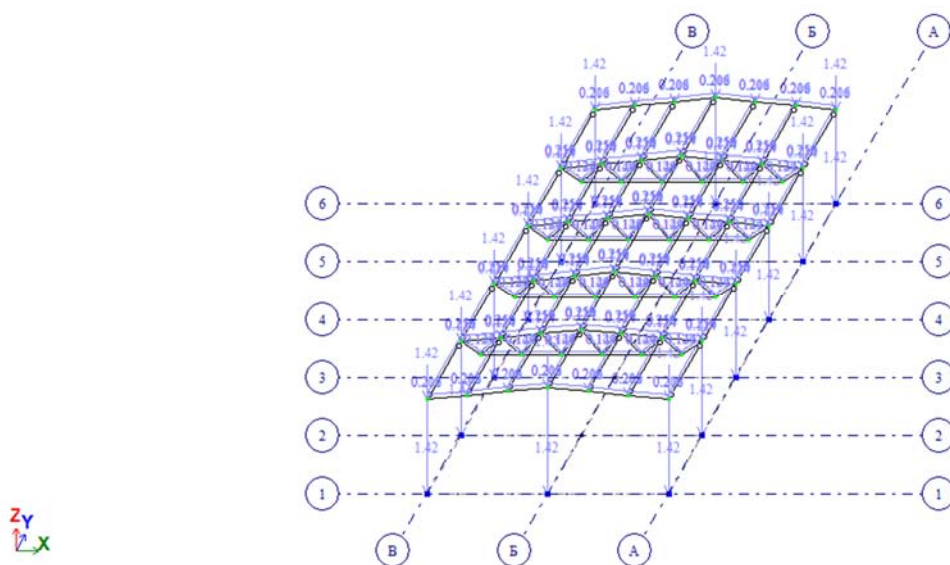


Рисунок 2.3 – Схема завантаження від власної ваги металевого каркаса

2.3.2 Збір постійного навантаження від стінових панелей

Збір навантаження вираховується додаванням ваги матеріалу для стін, що використані під час проектування і будівництва. У нашому випадку прийнято сендвіч-панелі товщиною 150 мм і власною вагою $25,5 \text{ кг/м}^3$.

Таким чином, для визначення навантаження слід помножити нормативне навантаження на коефіцієнт надійності за навантаженням і ширину вантажної площі.

$$g_1 = 25,5 \cdot 6 \cdot 1,2 = 183,6 \text{ кг/м}^2.$$

Для крайніх прольотів навантаження розраховуємо на половину довжини.

$$g_2 = 25,5 \cdot 3 \cdot 1,2 = 91,8 \text{ кг/м}^2.$$

За таким самим принципом розраховуємо навантаження на фахверкові крайні та середні стійки. Схему навантажень на каркас від стінових панелей наведено на рис. 2.4.

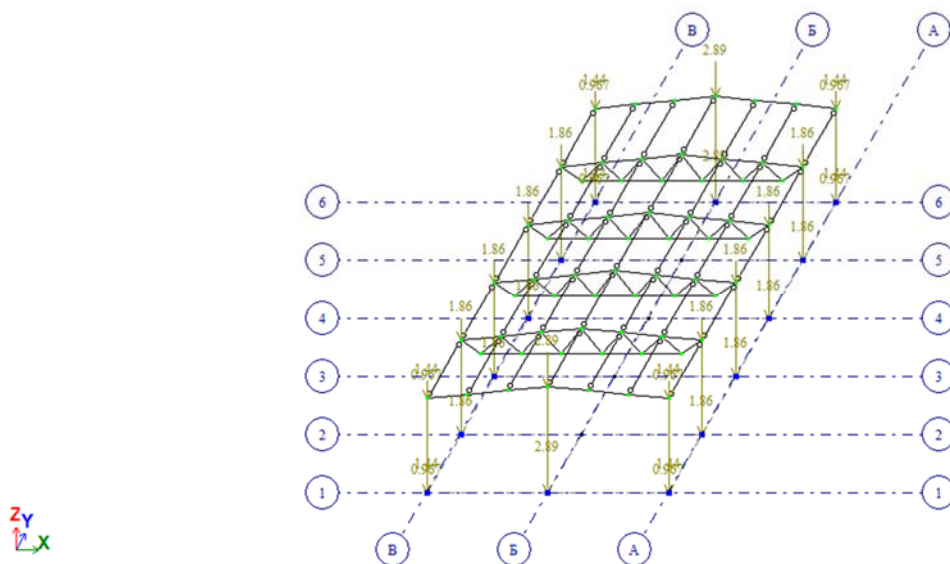


Рисунок 2.4 – Схема завантаження від стінових панелей

2.3.3 Збір постійного навантаження від покрівельних панелей

Збір навантаження вираховується додаванням ваги матеріалу для покрівлі, використовуюваного під час проєктування і будівництва. У нашому випадку прийнято сендвіч-панелі товщиною 250 мм і власною вагою $36,3 \text{ кг/м}^3$.

Таким чином для визначення навантаження слід помножити нормативне навантаження на коефіцієнт надійності за навантаженням і кількість метрів у кроці.

$$g_1 = 36,3 \cdot 1,886 \cdot 1,2 = 82,15 \text{ кг/м}^2.$$

Для крайніх прольотів навантаження розраховуємо на половину довжини.

$$g_2 = 36,3 \cdot 0,942 \cdot 1,2 = 41,03 \text{ кг/м}^2.$$

Схему навантажень на каркас від покрівельних панелей представлено на рис. 2.5.

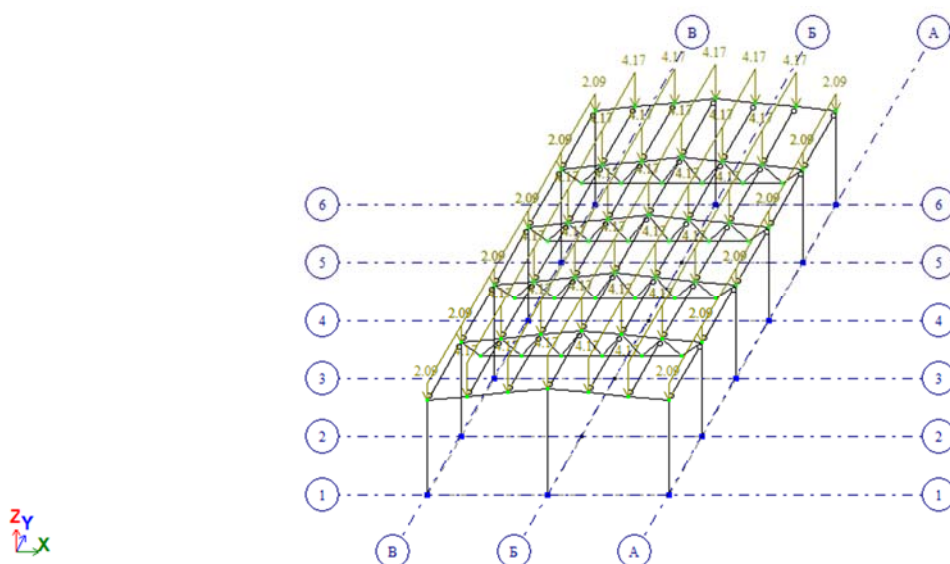


Рисунок 2.6 – Схема завантаження від снігового покриву

2.3.6 Збір сейсмічного навантаження

Відповідно до даних про сейсмічність майданчика будівництва (див. розділ 2.1), задаємо сейсмічне навантаження. Для цього спочатку збираємо маси у вузлах, які беруть участь в коливанні, на основі статичних навантажень від власної ваги елементів каркасу та стінових і покрівельних панелей. Далі створюємо нове динамічне завантаження на основі норм [3] для заданої сейсмічності.

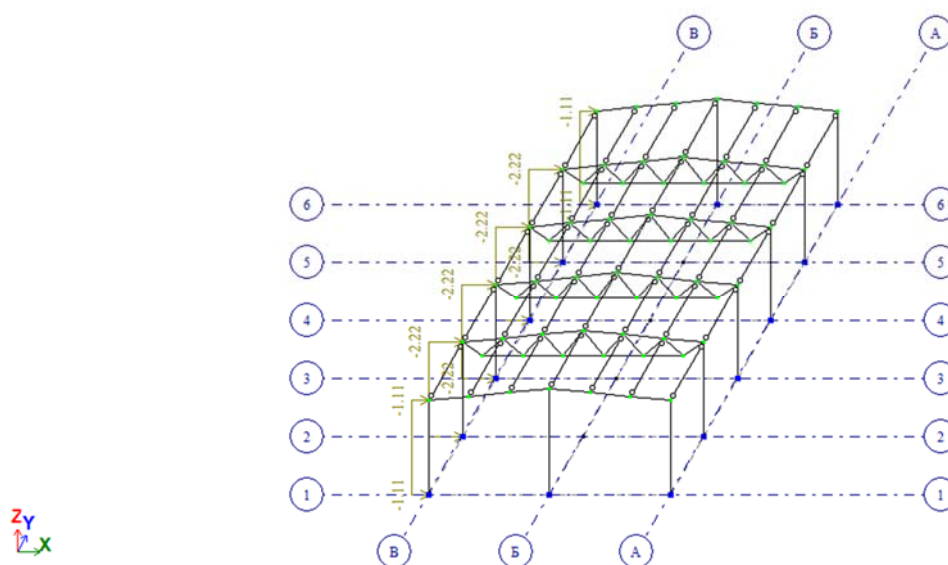


Рисунок 2.7 – Вітрове навантаження вздовж осі X

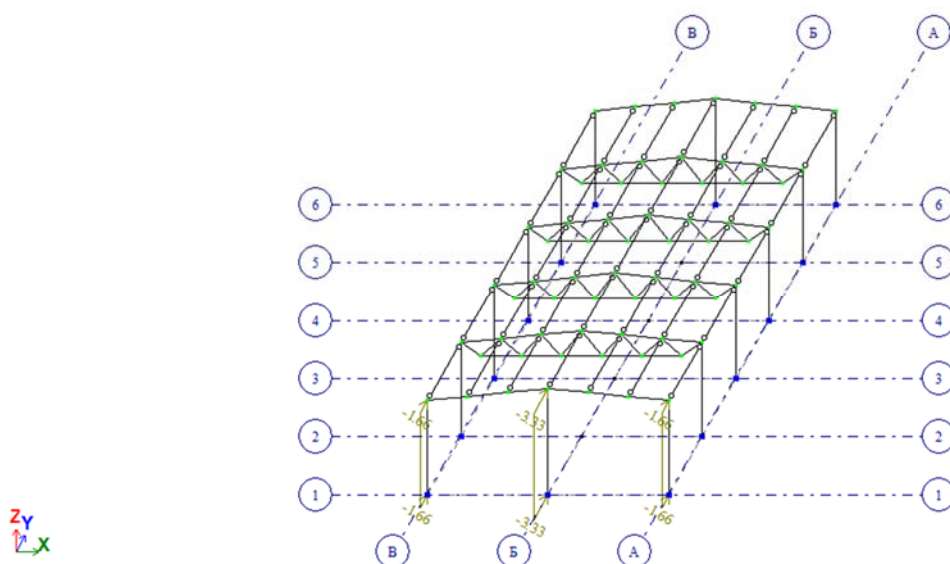


Рисунок 2.8 – Вітрове навантаження вздовж осі Y

Сейсмічне навантаження прикладаємо у двох напрямках як два окремих завантаження на розрахункову схему – вздовж осі X та вздовж осі Y.

2.3.7 Формування розрахункових сполучень зусиль

При розрахунку будівельних конструкцій методом скінченних елементів (МСЕ) формування розрахункових сполучень зусиль є критично важливим етапом забезпечення адекватності та достовірності інженерного аналізу.

Необхідність формування розрахункових сполучень зумовлена потребою врахування різноманітних експлуатаційних та аварійних навантажень, які можуть одночасно діяти на конструкцію впродовж її життєвого циклу.

В даній роботі було використано методику розрахункових сполучень навантажень (РСН) за [2], що дозволяє будувати лінійні комбінації на основі знайдених результатів розрахунку конструкції на окремі завантаження та проводити в подальшому на їх основі підбір перерізів та конструювання елементів металевих конструкцій.

При формуванні РСН враховувалися групи взаємовиключних навантажень, які не можуть бути прикладені на конструкцію одночасно. У контексті

досліджуваного об'єкта це стосується вітрових та сейсмічних навантажень, які діють уздовж взаємно перпендикулярних напрямів.

Таблиця результуючих РСН, сформованих для першого та другого основних сполучень, наведена в додатку А.

2.3.8 Результати розрахунку металевого каркаса

Після проведення лінійного розрахунку схеми за методом скінченних елементів отримуємо основні параметри напружено-деформівного стану конструкції. Основними показниками виступають внутрішні зусилля в стрижневих елементах схеми та їх деформації. Проаналізуємо їх для максимально небезпечного поєднання завантажень, з яким у нашому випадку є РСН2.

Нормальні зусилля N в стрижнях наведено на рис. 2.9. Загалом можемо бачити, що характер розподілу нормальних зусиль відповідає очікуванням. Переважна більшість стрижневих елементів розрахункової схеми працюють на стиск за винятком нижніх поясів кроквяних ферм, де зафіксовано розтягуючі зусилля.

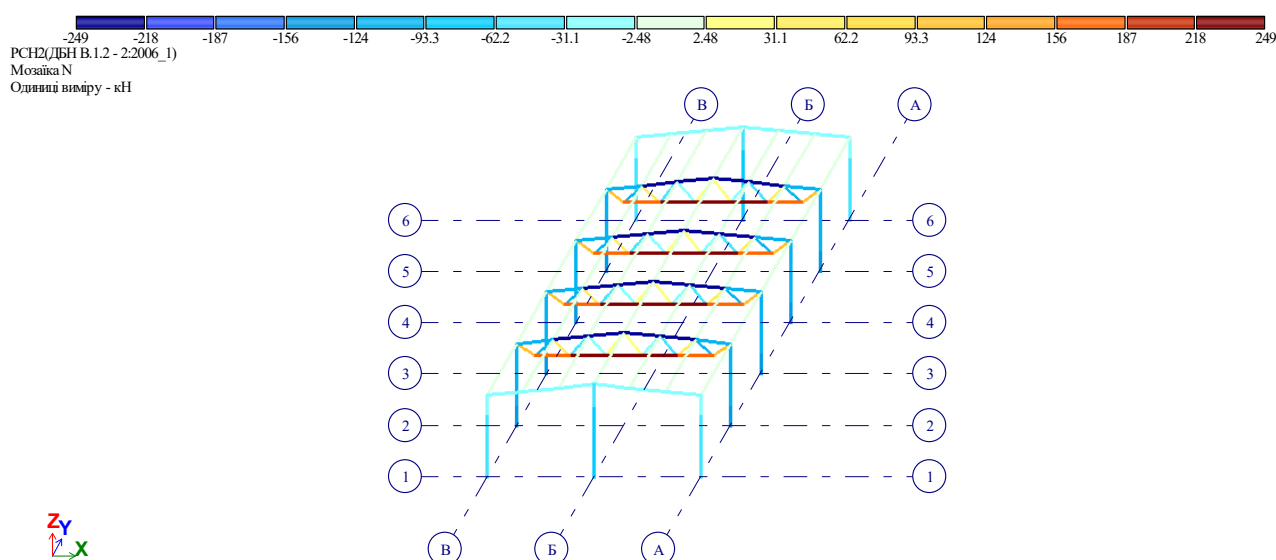


Рисунок 2.9 – Мозаїка нормальних зусиль N в стрижнях розрахункової схеми

Найбільше значення нормальних сил для поясів кров'яної ферми становить 249 кН. Для колон поперечних рам воно складає 131 кН, а для колон фахверку по торцях будівлі має значно менше значення 54 кН і 86 кН. Нормальні зусилля в крайніх розкосах кроквяної ферми становлять -109 кН і знижуються при переході до центральних розкосів до 8 кН.

Поперечні зусилля Q_z в стрижнях схеми показані на рис. 2.10 та загалом мають невеликі значення. Для колон вони складають 3,95 кН. В елементах кроквяних ферм значення близькі до нуля, що відповідає очікуваній схемі роботи даних конструкцій. Максимальні ж значення досягаються в балках фахверку по торцях будівлі та прогонах покриття і становлять 18,1 кН.

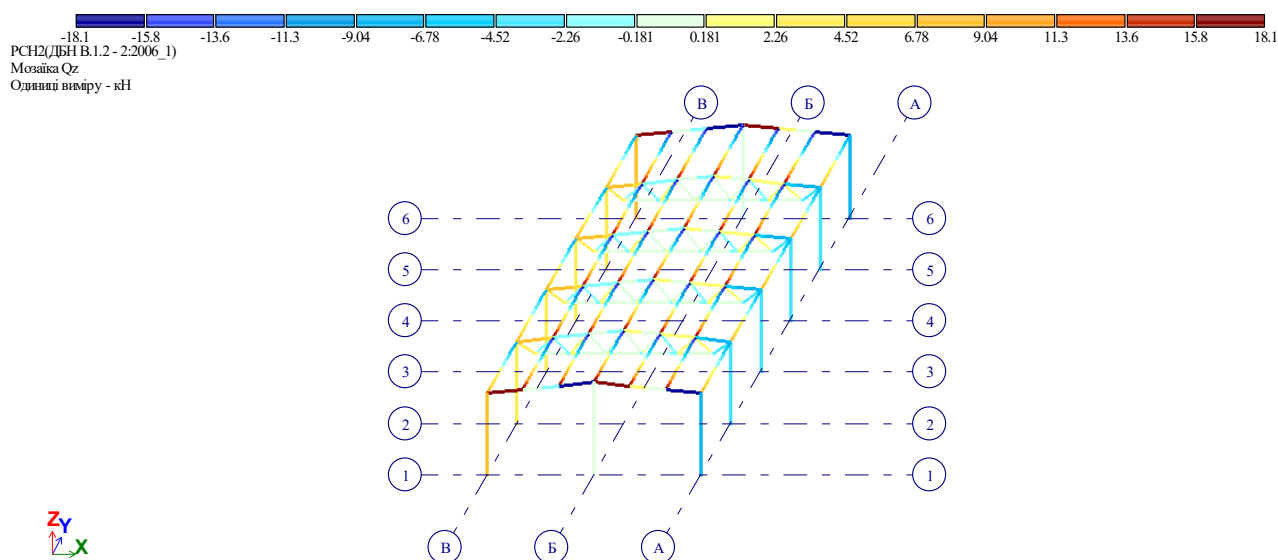


Рисунок 2.10 – Мозаїка поперечних зусиль Q_z в стрижнях розрахункової схеми

Згинні моменти M_y для стрижнів схеми показано на рис. 2.11. Вони мають найбільше значення в колонах по кутах будівлі та становлять 34,7 кНм. Для колон поперечних рам згинні моменти суттєво менші і складають 18,7 кНм. Очікувано, моменти в стрижнях кроквяних ферм близькі до нуля. Для балок фахверку вони становлять 36,1 кНм, для прогонів покриття – 19,2 кНм.

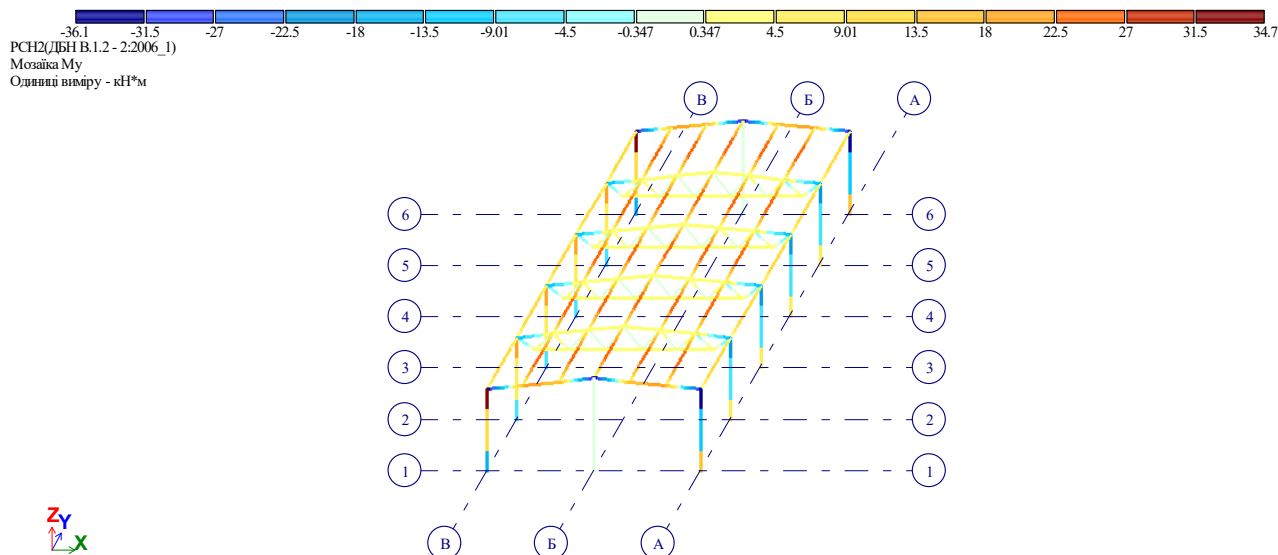


Рисунок 2.11 – Мозаика згинних моментів M_y в стрижнях розрахункової схеми

Максимальні переміщення в елементах розрахункової схеми (рис. 2.12) визначаються як різниця між кінцевими координатами окремих перерізів стрижнів та їх початковими значеннями в недеформованій схемі, тобто включають в себе не тільки власні деформації елементів, але також і переміщення інших елементів схеми, на які вони спираються.

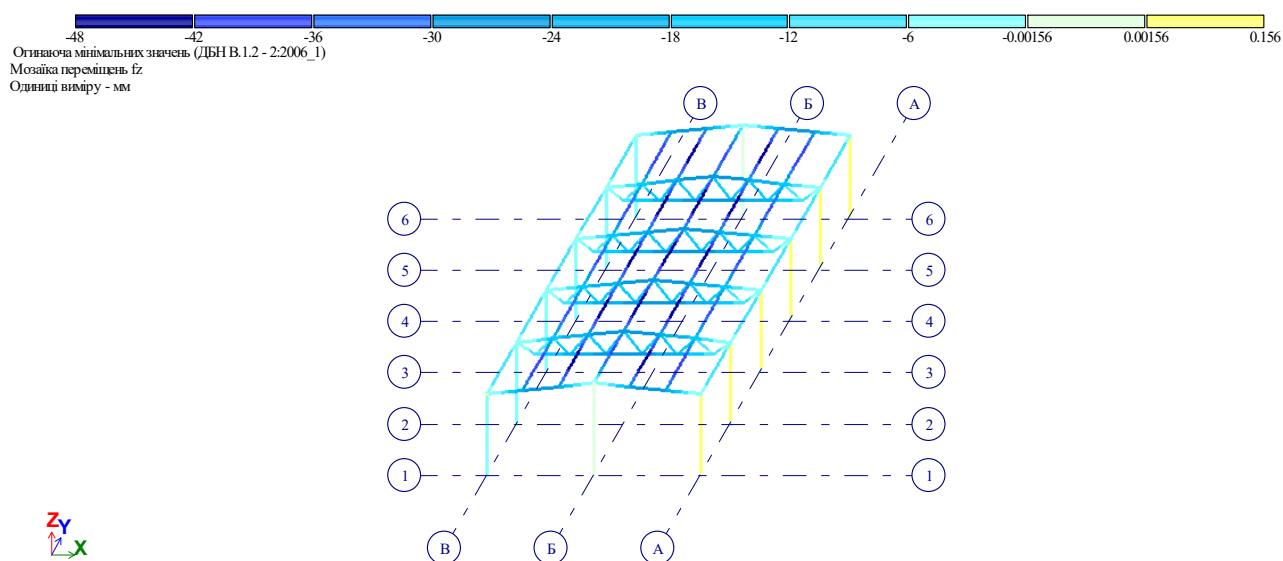


Рисунок 2.12 – Мозаика переміщень f_z в стрижнях розрахункової схеми

Як бачимо, найбільші переміщення f_z спостерігаються для середини прогонів покриття та становлять 47,8 мм. Проте, якщо побудувати епюру прогинів для центрального прогону вздовж осі Б (рис. 2.13), то бачимо що максимальні прогини без врахування вертикальних деформацій кров'яних ферм не перевищують 22 мм, що не перевищує допустимого значення $l / 200 = 6000 / 200 = 30$ мм згідно [9].

Для кроквяних ферм максимальні вертикальні переміщення спостерігаються в центральних вузлах вздовж осі Б та складають 25,8 мм (рис. 2.12), що також не перевищує допустимих значень прогину $l / 250 = 18000 / 250 = 72$ мм згідно [9].

Вертикальні переміщення фахверкових балок незначні та становлять 2,1 мм, що значно менше допустимого значення $l / 200 = 9000 / 200 = 45$ мм згідно [9].

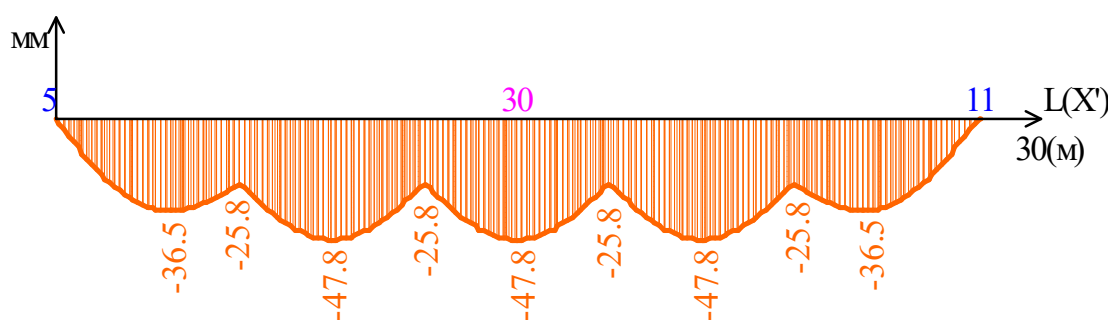


Рисунок 2.13 – Епюра прогинів вздовж прогону покриття по осі Б

Додатково до розрахунків напружено-деформівного стану стрижнів металевих каркасу було проведено перевірку їх стійкості за трьома формами втрати стійкості. Це важливий етап проектування, оскільки, як було встановлено раніше, більшість стрижнів працюють на стиск, то втрата стійкості для них є потенційно небезпечним видом деформації. ЛІРА-САПР дозволяє розрахувати коефіцієнти запасу стійкості для окремих завантажень чи їх сполучень. Значення більші за одиницю вказують на те, що стійкість елементів конструкції забезпечена. В табл. 2.2 приведено результати даної перевірки за РСН. Як бачимо, для всіх

розрахункових сполучень коефіцієнт запасу стійкості більшої одиниці, а в деяких випадках перевищує 5, отже стійкість забезпечена.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти запасу стійкості елементів тримкого каркасу для РСН

Завантаження/ сполучення	Форма втрати стійкості	Коефіцієнт запасу стійкості
1	1	4.4352
1	2	4.8818
1	3	5.3251
2	1	1.3012
2	2	1.4355
2	3	1.5626
3	1	4.3575
3	2	4.8029
3	3	5.2268
4	1	4.4351
4	2	4.8817
4	3	5.3249
5	1	1.3932
5	2	1.5374
5	3	1.6727
6	1	1.4001
6	2	1.5445
6	3	1.6814

Для конструювання елементів металевого каркасу автосервісу значень напружено-деформівного стану недостатньо. Згідно з вимогами [10] необхідно виконати перевірку всіх елементів за граничними станами.

Результати перевірки перерізів за першим граничним станом на міцність та загальну стійкість наведено на рис. 2.14. Значення виводяться у відсотках до граничної тримкої здатності перерізу. Максимальний відсоток використання перерізів становить 82,5% для балок фахверку. Відсоток використання тримкої здатності за міцністю і стійкістю для елементів кроквяних ферм не перевищує 52%, для колон 30%, для прогонів покриття 53%.

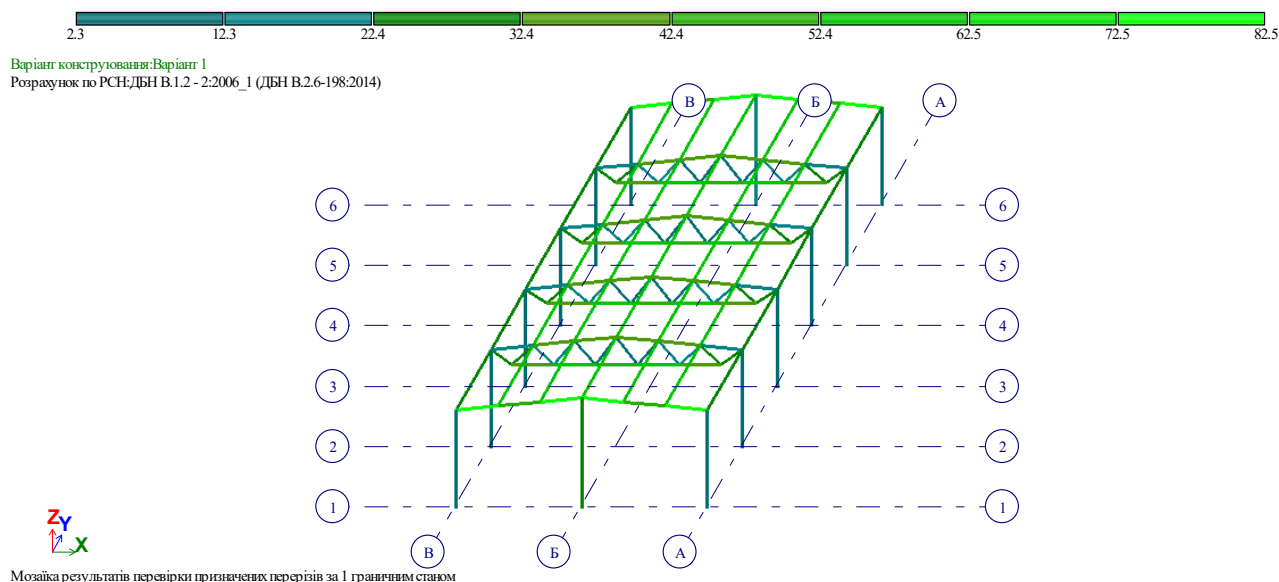


Рисунок 2.14 – Відсоток вичерпання тримкої здатності елементів за 1ГС

Результати перевірки за другим граничним станом на жорсткість та деформації показано на рисунку 2.15.

Тут максимальне значення вичерпання тримкої здатності перерізів спостерігається для прогонів покриття та складає 71,6%. Для елементів кроквяних ферм він становить 42%, для балок фахверку – 37%, а для колон 52,6%.

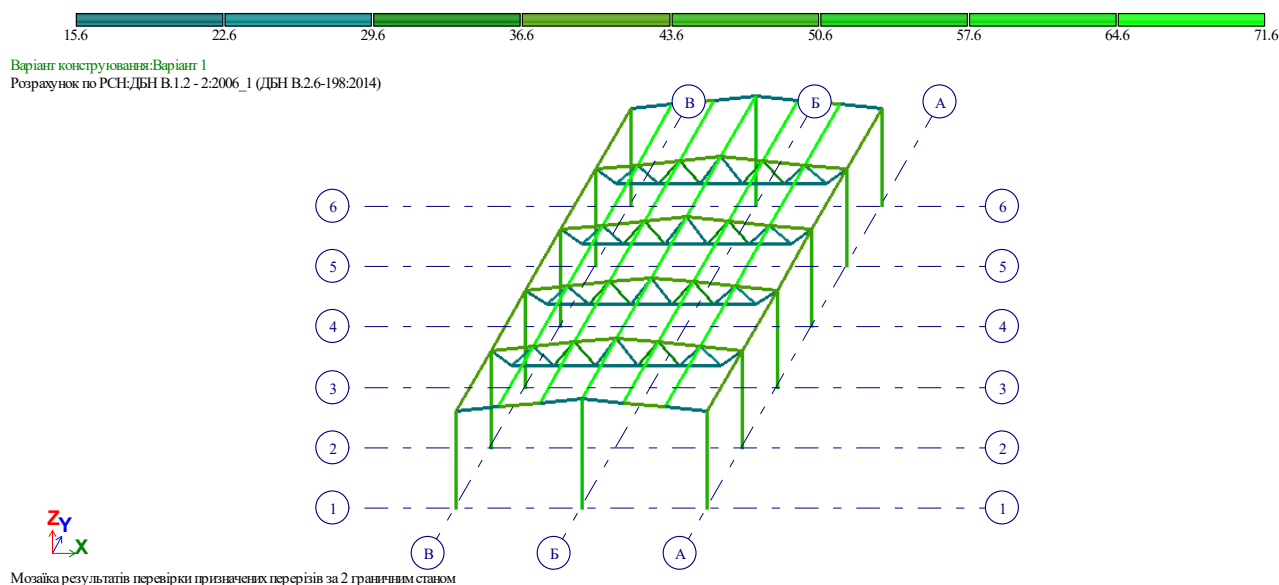
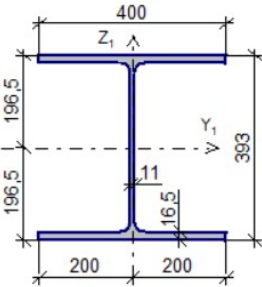
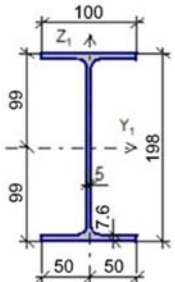
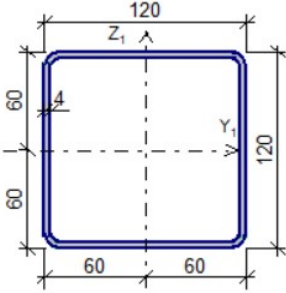


Рисунок 2.15 – Відсоток вичерпання тримкої здатності елементів за 2ГС

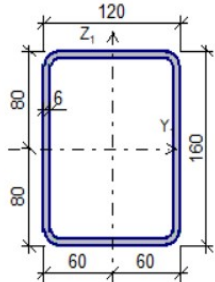
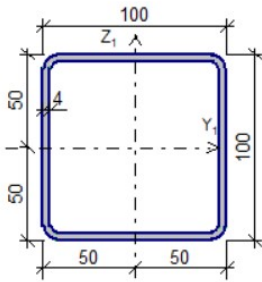
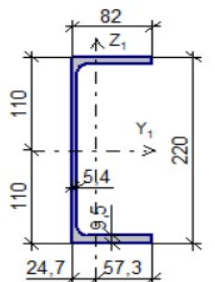
Додатково до двох граничних станів виконується перевірка за місцевою стійкістю стиснутих стійок та полиць металевого сортаменту (рис. 2.16). Тут максимальні значення відсотку використання тримкої здатності перерізів становить 81,4% для колон по кутах будівлі. Для колон поперечних рам воно становить 51,8%, для елементів кроквяних ферм 58,5%, для прогонів покриття 36,5%, а для балок фахверку 33,7%.

Перевірка на тримку здатність показала, що всі конструкції проходять за розрахунком на граничні стани за всіх розрахункових комбінацій навантажень. Таким чином, приймаємо перерізи каркаса, що наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Підібрані перерізи елементів

№	Елемент	Сортамент	Переріз
1	2	3	4
1	Колони	Двотавр 40К1	
2	Балки	Двотавр 20Б1	
3	Ферма: нижній пояс	Профіль гнутий замкнений зварний квадратний 120x4	

Продовження табл. 2.3.

1	2	3	4
4	Ферма: верхній пояс	Профіль гнутий замкнений зварний прямокутний 160x120x6	
5	Ферма: розкоси	Профіль гнутий замкнений зварний квадратний 100x4	
6	Прогони	Швелер 22П	

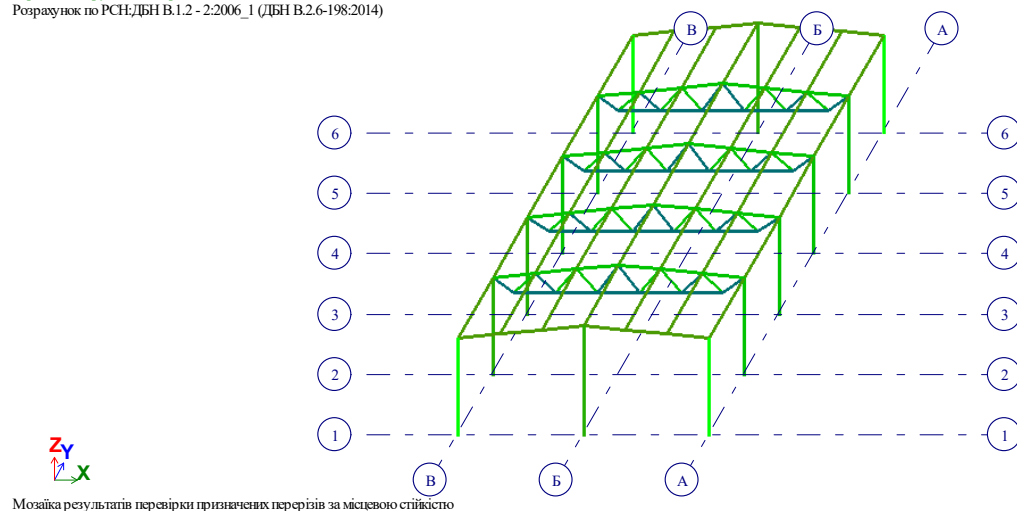
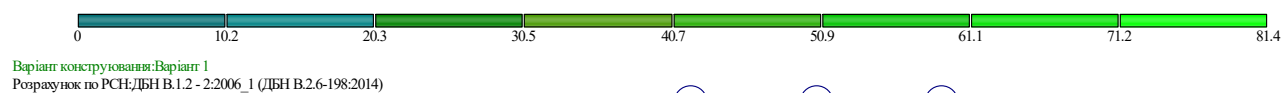


Рисунок 2.16 – Відсоток вичерпання тримкої здатності елементів за місцевою стійкістю

2.4 Проектування основ та фундаментів

2.4.1 Вихідні дані

Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, що розташований на північній околиці м. Чоп Закарпатської області, показано на рис. 2.17. Інженерно-геологічні елементи, показані на розрізі, наведено в табл. 2.4.

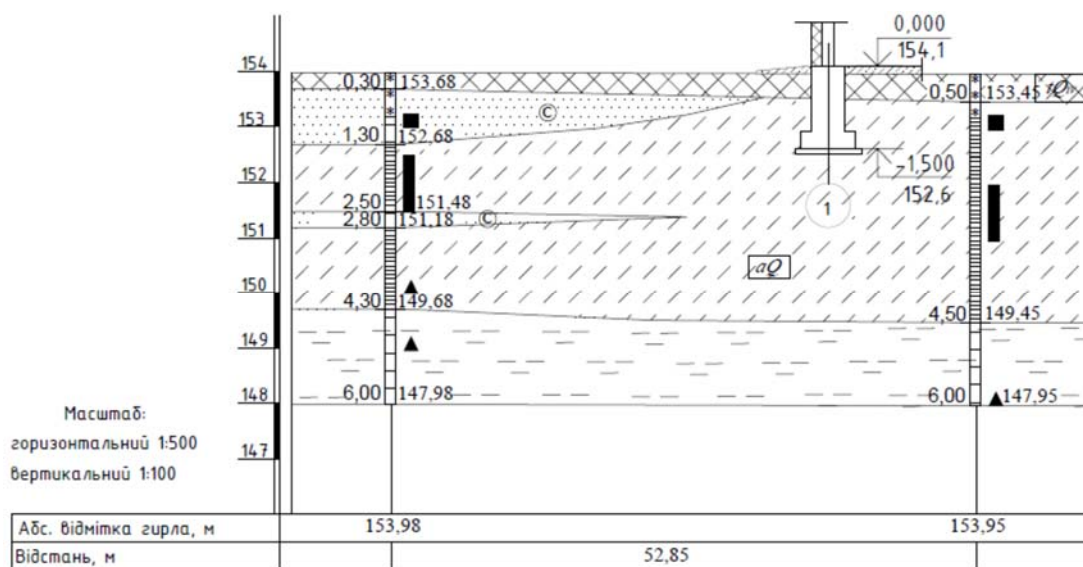


Рисунок 2.17 – Інженерно-геологічний розріз

2.4.2 Збір навантажень на фундамент

Для збору навантажень на фундаменти будівлі автосервісу можна скористатися традиційним підходом з ручним визначенням вантажних площ кожної колони та приведенням до них всіх навантажень.

Проте, маючи розроблену в розділі 2.3 розрахункову схему методу скінченних елементів для проектування металевого каркасу автосервісу, можемо автоматизувати даний процес.

Автоматичний збір навантажень на фундаменти за допомогою методу скінченних елементів є сучасним інженерним підходом, який дозволяє суттєво оптимізувати процес проектування будівельних конструкцій.

Таблиця 2.4 – Інженерно-геологічні елементи

ІГЕ	Глибина від рівня землі, м	Абс. відмітка, м	Потужність, м	Тип ґрунту
1	0,5	153,45	0,5	Ґрунтовий шар – супісок дерновий підзолистий
2	4,5	149,45	4,0	Супісок коричнево-бурий, з виявленими включеннями гальки і гравію
3	6,0	147,95	1,5	Суглинок жовто-бурий напівтвердий, з виявленими включеннями гальки і гравію

Алгоритм розрахунку передбачає послідовне визначення вертикальних та горизонтальних навантажень, включаючи постійні, тимчасові, кліматичні та технологічні впливи. Програмне забезпечення виконує автоматичне сумування часткових навантажень з урахуванням коефіцієнтів надійності та просторової жорсткості конструктивної схеми.

Основними перевагами автоматизованого збору навантажень є висока точність розрахунків, мінімізація впливу людського фактора, суттєве скорочення часу проєктування та можливість миттєвого перерахунку при модифікації розрахункової схеми. Крім того, такий підхід забезпечує комплексну оцінку напружено-деформованого стану фундаментів з урахуванням конструктивних особливостей об'єкта.

Для автоматичного збору навантажень на фундаменти визначаємо вузли закріплення металевої рами, в яких задавалися в'язі, та виконуємо функцію ЛПРИ-САПР для розрахунку навантаження на фрагмент. При розрахунку враховуємо сформовані раніше розрахункові сполучення навантаження (РСН), які вже включають в себе навантаження на будівлю, що були зібрані в розділі 2.3.

В результаті отримуємо мозаїку вертикальних та горизонтальних навантажень, що передаються з тримкого сталевого каркасу будівлі автосервісу на фундаменти стовпчастого типу. Графічне представлення сумарних вертикальних навантажень P_z для найбільш небезпечного поєднання РСН2 у вигляді мозаїки розрахованих зусиль показано на рис. 2.18.

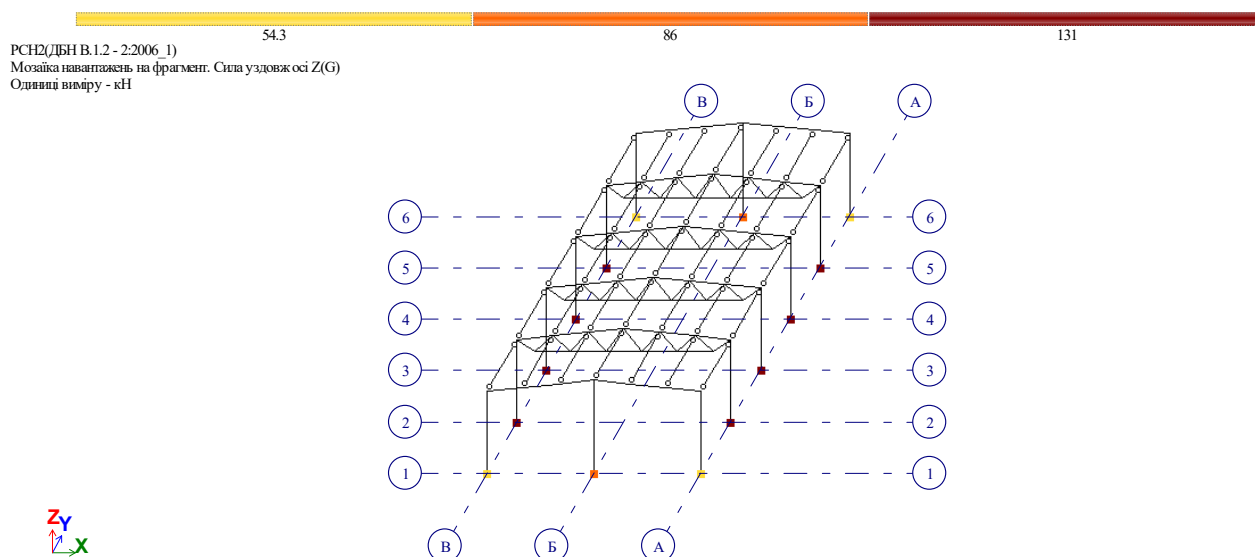


Рисунок 2.18 – Мозаїка сумарних вертикальних навантажень P_z на фундаменти за РСН2

З одержаних результатів можемо чітко бачити, що фундаменти будівлі можна поділити на дві групи залежно від рівня навантаження. В першу групу входять фундаменти під колони фахверку на торцях будівлі автосервісу, які характеризуються значно меншим вертикальним навантаженням (54–86 кН). В другу групу відносимо фундаменти під колони поперечних рам, для яких величина сумарного вертикального навантаження є більшою та складає 131 кН.

Надалі виконаємо більш детальний розрахунок та проектування фундаментів стовпчастого типу під колони поперечних рам на дію вертикального навантаження $N = 131$ кН.

2.4.3 Визначення глибини закладення фундаменту

Глибина закладення фундаментів приймається з урахуванням значень глибини промерзання та залежить від функціонального призначення будівлі і її конструктивних особливостей [11].

Оскільки будівля автосервісу проектується без підвалу з підлогами по ґрунту, можемо враховувати вплив теплового режиму споруди на промерзання ґрунту.

Приймаємо глибину закладення фундаменту $-1,350$ м відносно відмітки рівня землі, що нижче значення глибини промерзання ґрунту для регіону будівництва – Закарпатської області.

Враховуючи відмітку чистої підлоги автосервісу, приймаємо висоту фундаменту з конструктивних міркувань $H = 1,2$ м, висоту плитної частини – $h_{pl} = 0,3$ м.

Як матеріал фундаменту приймаємо важкий бетон класу C12/15.

2.4.4 Розрахунок за деформаціями основ

Інженерний розрахунок осідання стовпчастих фундаментів під колони металевого каркасу передбачає комплексну оцінку деформативності ґрунтової основи з урахуванням фізико-механічних характеристик геологічного середовища.

Для розрахунку осідання основи під стовпчастим фундаментом скористаємося можливостями програмного комплексу ЛІРА-САПР 2022 щодо розрахунку основ. Для виконання розрахунку задаємо прийняту геометрію фундаменту (рис. 2.19) та структуру інженерно-геологічних елементів і їх властивості (рис. 2.20) відповідно до даних розділу 2.4.1.

Методика розрахунку базується на використанні теорії лінійно-деформованого середовища відповідно до вимог [11]. Осідання визначається через пошаровий розрахунок деформацій ґрунтового масиву. Враховуються вертикальні та горизонтальні навантаження, просторова жорсткість конструкцій, а також можливі нерівномірності розподілу тисків під подошвою фундаменту.

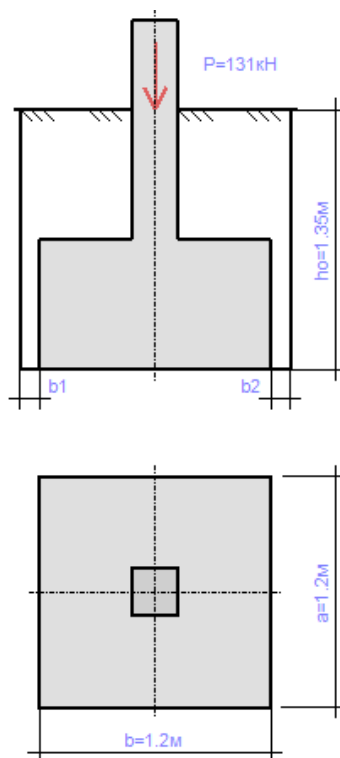


Рисунок 2.19 – Геометрична схема стовпчастого фундаменту

Кінцевим результатом розрахунку є прогнозування абсолютних та відносних осідань фундаментів, що забезпечує надійність та довговічність металевого каркасу будівлі.

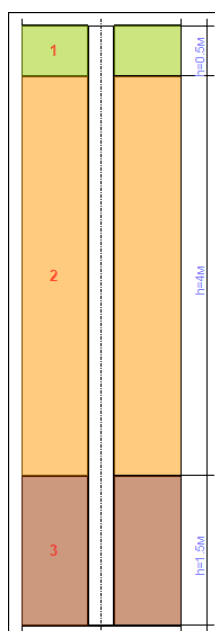


Рисунок 2.20 – Геологічна модель основи при розрахунку в ЛІРА-САПР

Приклавши вертикальне навантаження, визначене в попередньому розділі, отримуємо результати визначення стислої товщі ґрунту H_c та осідання фундаменту S , а також розрахункові значення коефіцієнтів постелі. Результати розрахунку приведено в табл. 2.5. Графічне представлення результатів показано на рис. 2.21.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку основ під фундамент

Найменування	Значення
Осадка (S)	0.005 м
Глибина стисненої товщі (H_c)	2.300 м
Середнє значення модуля деформації (E_{gr})	17076.123 кН/м ²
Середнє значення коефіцієнта Пуассона (μ_{gr})	0.350
Середнє значення модуля деформації (E_{gr3})	43709.631 кН/м ²
Крен фундаменту (i)	0.000
Співвідношення напружень для обмеження глибини стисненої товщі	0.174
Вибраний метод	1
Коефіцієнт постелі (C1)	9833.644 кН/м ³
Коефіцієнт постелі (C2)	4848.776 кН/м

Як бачимо, величина осідання фундаменту незначна та не перевищує допустимих значень згідно вимог [11].

$$s = 0,005 < s_u = 0,15.$$

2.4.5 Розрахунок анкерних болтів

Визначимо необхідну кількість та діаметр анкерних болтів для кріплення металевої колони поперечних рам до фундаменту. Для цього скористаємося формулою

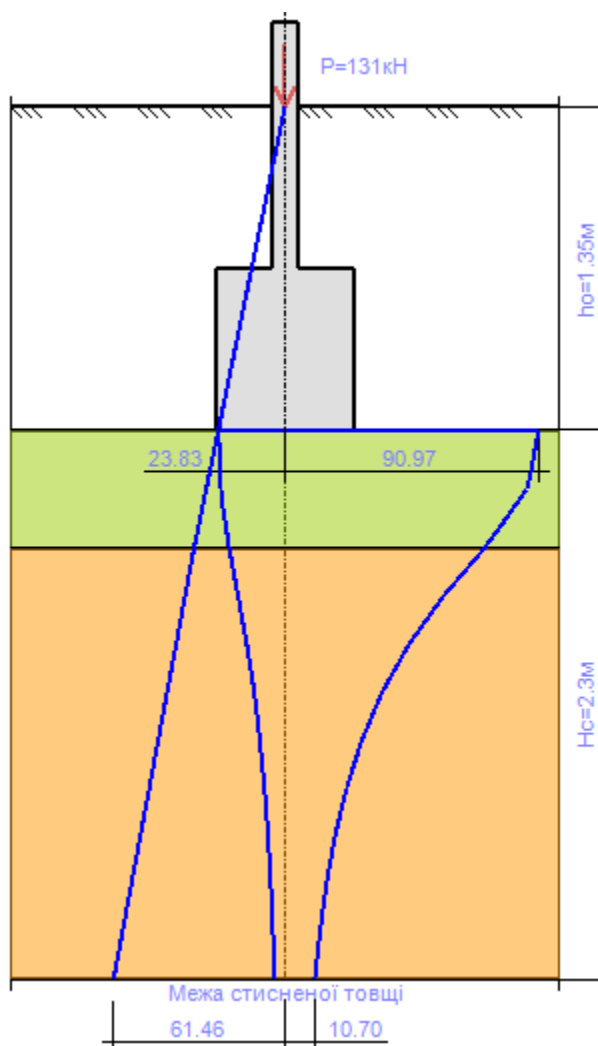


Рисунок 2.21 – Результати розрахунку основ під фундаменти

$$A_s = \frac{k_0 P}{R_s} \quad (2.1)$$

де k_0 – коефіцієнт, що враховує вид навантаження; приймаємо $k_0 = 1,35$ за наявності динамічних навантажень;

P – вертикальна сила, що діє в з'єднанні колони з фундаментом;

R_s – розрахункова міцність матеріалу болта на розтяг.

Задамося матеріалом анкерного болта з вуглецевої легированої сталі 09Г2С з $R_s = 180$ МПа .

Тоді по (2.1) мінімально необхідна сумарна площа анкерних болтів становить

$$A_s = \frac{1,35 \cdot 131}{180 \cdot 10^3} = 9,825 \text{ см}^2$$

Прийmemo 4 анкерних болта М24 з площею поперечного перерізу $A_{sa} = 3,52 \text{ см}^2$.

Тоді глибина закладення болта складе $H = 25d = 25 \cdot 24 = 600 \text{ мм}$.

Відстань між осями болтів:

$$C = 6d = 6 \cdot 24 = 144 \text{ мм}.$$

Мінімальна відстань від осі болта до межі фундаменту:

$$l = 3d = 3 \cdot 24 = 72 \text{ мм}.$$

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз проблеми дослідження вогнестійкості тримких елементів конструкцій

У сучасному будівельному виробництві металеві тримкі конструкції набувають дедалі більшого поширення через комплекс технічних переваг: підвищену міцність на розтяг та стиск, раціональність монтажних технологій та потенціал формування значних прольотів. Проте системоутворюючим недоліком металопрокатних елементів є редукована вогнестійкість [12, 13], що має критичне значення для інфраструктурних об'єктів автомобільного сервісу, де наявні підвищені пірогенні навантаження внаслідок концентрації горючих рідин, мастильних матеріалів та ризиків технологічного займання під час діагностики та ремонту транспортних засобів.

Статистичні матеріали Державної служби України з надзвичайних ситуацій фіксують щорічно близько 300 пожежних інцидентів на об'єктах автосервісного призначення та технічного обслуговування транспортних засобів. При цьому матеріальні втрати від деструкції будівельних конструктивних елементів внаслідок термічного впливу становлять суттєву частку загальних пожежних збитків.

Параметри вогнестійкості металевих тримких конструкцій визначаються їхньою спроможністю зберігати експлуатаційні характеристики: тримку здатність, цілісність структури та термоізоляційні властивості впродовж регламентованого часу за умов впливу стандартизованого температурного режиму горіння.

У разі впливу високих температур під час пожежі металеві конструкції зазнають критичних структурних змін [13]. Передусім відбувається інтенсивне зниження міцнісних характеристик металу внаслідок термічної деградації його фізико-механічних властивостей. Найпоширенішими типами пошкоджень є локальні деформації металевих елементів, зокрема прогини тримких конструкцій, що призводить до часткової або повної втрати їхньої тримкої здатності.

Так, у процесі нагрівання металопрокату до температурних позначок понад 300°C відбувається суттєва редукція його механічних характеристик: показників границі текучості, модуля пружності та границі пропорційності. При досягненні температурної позначки 500°C тримка здатність металоконструкцій знижується приблизно вдвічі, а при 600°C не перевищує 20 – 30% від початкового рівня [14].

Температурні впливи спричиняють також структурні перетворення на мікрорівні, внаслідок чого метал втрачає початкову міцність та пластичність. Характерними пошкодженнями є термічні короблення металевих поверхонь, утворення мікротріщин та зон структурної неоднорідності. У разі тривалого високотемпературного впливу можливе повне руйнування металоконструкцій внаслідок появи значних пластичних деформацій та зниження межі текучості металу (рис. 3.1).

Особливо небезпечними є пошкодження вузлових з'єднань та опорних елементів, оскільки це призводить до лавиноподібного обвалення конструктивних систем будівель. Додатково слід враховувати нерівномірність прогрівання металевих елементів, що спричиняє виникнення внутрішніх напружень та додаткових деформацій.

У дослідженні проведено чисельне моделювання напружено-деформованого стану тримких металоконструкцій каркасу будівлі автосервісного призначення з габаритами в плані 30×18 м.



Рисунок 3.1 – Приклади металоконструкцій після впливу пожежі

3.2 Методика дослідження вогнестійкості металевого тримкого каркасу

Для оцінювання вогнестійкості металевих конструкцій згідно з [15] використовують два типи методик.

Спрощені методики полягають у використанні параметрів стандартизованих режимів теплового навантаження від пожежі та оцінці одного з параметрів вогнестійкості конструкцій за наближеними формулами, що переважно одержані на основі емпіричних даних.

Уточнені методики включають в себе розв'язування рівнянь термодинаміки та конвекційного масоперенесення з детальним моделюванням процесу горіння. Зрозуміло, що даний клас методів вимагає значно більшої кількості обчислень і переважно реалізовується з використанням методу скінченних елементів. Крім того, для реалізації даної методики необхідна значна кількість вихідних даних, точність яких має значний вплив на достовірність одержаних результатів.

Враховуючи вищенаведені особливості, в даній роботі прийнято рішення застосувати спрощений метод розрахунку вогнестійкості металевих конструкцій. Будемо використовувати параметр критичної температури. Відповідно до [16], критична температура – це температура, при досягненні якої відбувається руйнування металоконструкції за умови рівномірного розподілу температур при дії заданого рівня механічних навантажень на конструкцію.

За даним параметром вогнестійкість конструкції вважається достатньою при виконанні умови

$$\theta_d < \theta_{cr,d}, \quad (3.1)$$

де θ_d – очікувана температура матеріалу при дії теплового навантаження пожежі;

$\theta_{cr,d}$ – критична температура матеріалу конструкції, розрахована для її умов навантаження.

Для визначення критичної температури металоконструкцій та їх елементів розроблені стандартні методи, включені в будівельні норми для проектування.

Зокрема, серія стандартів EUROCODE 3 містить рекомендації для розрахунку критичної температури спрощеними методами. В Україні на сьогодні прийнята і діє національна версія даного стандарту [17], тому ми можемо використовувати його в рамках даного дослідження.

Для дослідження вогнестійкості проектованої конструкції автосервісу використано програмний комплекс ЛІРА-САПР 2022. На основі розрахункової моделі, створеної для конструктивного розрахунку в розділі 2, було побудовано розрахункову схему тримких конструкцій каркасу автосервісу (рис. 3.2), елементам якої присвоювали властивості згідно з [17]. Перерізи елементів прийнято згідно з результатами конструктивного розрахунку (див. розділ 2).

Навантаження на елементи розрахункової схеми прикладалися ті ж, що і для конструктивного розрахунку, за виключенням сейсмічного навантаження. Відповідно до [16], воно було виключено з розрахункових поєднань зовнішніх впливів на випадок пожежі.

Оцінювання вогнестійкості конструкцій виконували за умов стандартного пожежного режиму згідно з [15].

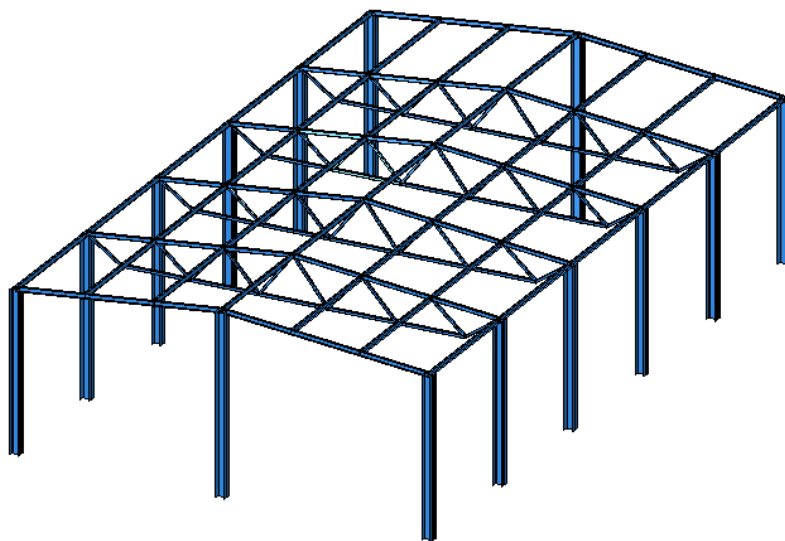


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для дослідження вогнестійкості тримких конструкцій автосервісу

3.3 Результати дослідження вогнестійкості тримкого металевого каркаса будівлі автосервісу

Результати визначення критичної температури тримких елементів металевого каркаса наведено на рис. 3.3.

З наведених мозаїк можна бачити, що найнижча критична температура спостерігається для елементів прогонів покриття конструкції автосервісу. Вона складає не більше 150°C , що є недостатнім значенням для забезпечення вогнестійкості конструкції. З цього можемо зробити висновок, що прогони покриття у випадку розвитку пожежі першими будуть втрачати тримку здатність, що потенційно може призвести до локального руйнування покриття та його часткового обвалення.

При цьому критична температура для елементів тримких конструкцій поперечних рам (колони, балки, кроквяні ферми) є значно вищою.

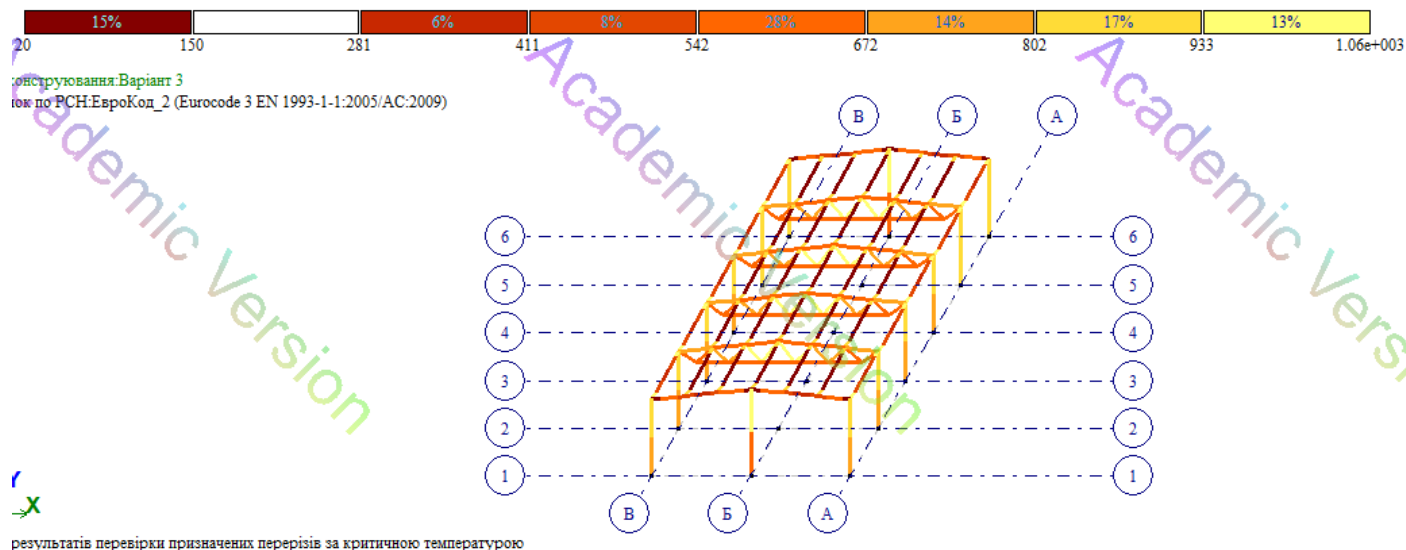


Рисунок 3.3 – Результати визначення критичної температури тримких елементів металевого каркаса

Для більш детального аналізу роботи поперечних рам конструкції розглянемо результати визначення критичної температури для тримких елементів однієї поперечної плоскої рами, що розташована вздовж цифрової осі 3 (рис. 3.4).

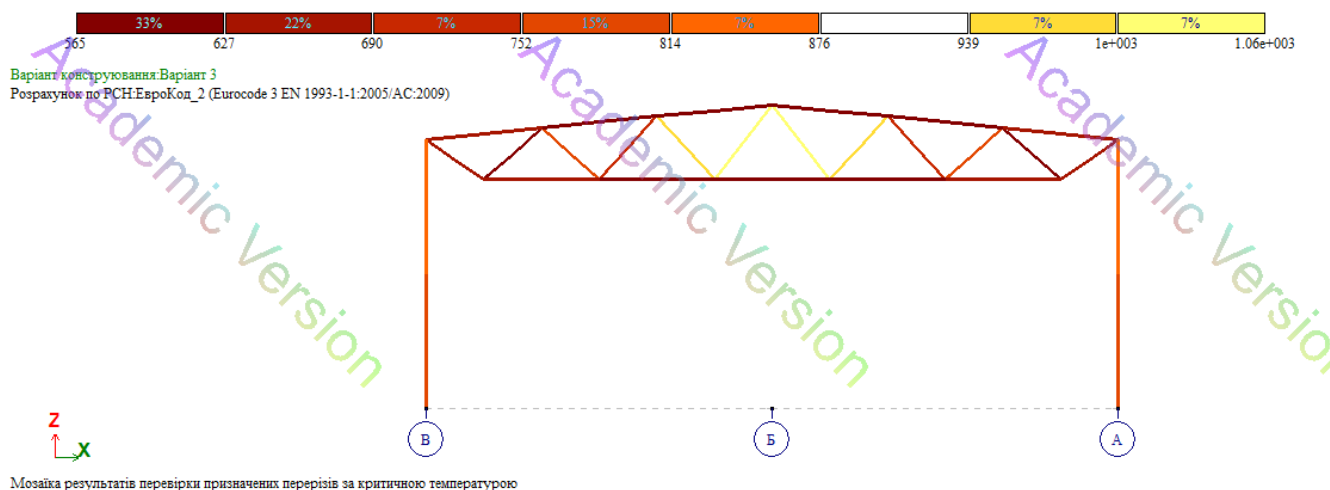


Рисунок 3.4 – Результати визначення критичної температури тримких елементів поперечної рами вздовж осі Z

Для розглянутої рами найменша критична температура становить 565°C та спостерігається для елементів верхнього та нижнього поясу кров'яної ферми, що виготовлена з замкнутих гнутих профілів (прямокутна труба). Крайні розкоси ферми, які є більш навантаженими, характеризується критичною температурою в межах 750°C . Внутрішній розкоси, які попри більшу довжину мають значно менші значення нормальної сили, характеризується критичною температурою, що перевищує 1000°C . Звідси можемо зробити висновок, що їх вогнестійкість забезпечена і не потребує додаткового захисту.

Для вертикальних тримких елементів – колон двотаврового профіля – значення критичної температури складає 876°C . Дана величина вказує на те, що колони можуть надійно функціонувати на етапах загоряння та розвитку пожежі, при яких температура не перевищує 600°C [16]. Проте для етапу усталеного горіння, який характеризується температурами в діапазоні $600\text{--}1000^{\circ}\text{C}$, дане значення є недостатнім, оскільки не гарантує покриття верхньої границі даного діапазону.

В зв'язку з цим, з результатів аналізу критичної температури можемо зробити висновок про необхідність додаткового вогнезахисту для елементів колон та кров'яних ферм, який дозволить підвищити їх критичну температуру шляхом зниження температурного впливу пожежі.

Найбільш поширеним методом є нанесення спеціальних фарб, що спучуються при нагріванні, та обклеювання конструкцій вогнестійкими плитами, що створюють теплоізоляційний бар'єр та сповільнюють прогрів металевих елементів. Також ефективним способом є влаштування захисних кожухів з мінераловатних плит або торкрет-маси, які мають низьку теплопровідність та здатність акумулювати теплову енергію, що дозволяє підвищити межу вогнестійкості металевих конструкцій та забезпечити їх цілісність під час пожежі.

З метою забезпечення регламентованої межі вогнестійкості металевих колон автосервісу прийнято рішення про застосування вогнезахисних облицювань на базі силікатних плит Ammokote FB – 300 товщиною 50 мм з класом вогнестійкості REI120.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки при експлуатації будівельних машин

До початку робіт із застосуванням машин виконроб повинен визначити схему руху й місце установки машин, місця й способи занулення (заземлення) машин, що мають електропривід, указати способи взаємодії й сигналізації машиніста (оператора) з робітником-сигнальником, що обслуговує машину, визначити (при необхідності) місце знаходження сигнальника, а також забезпечити надійне освітлення робочої зони.

Місце роботи машин повинно бути визначене так, щоб був забезпечений простір, достатній для огляду й маневрування. У випадку, коли машиніст або моторист, що управляє машиною, не має достатню оглядовість робочого простору або не бачить робітника-сигнальника, між машиністом і сигнальником необхідно встановити двосторонній радіозв'язок або телефонний зв'язок.

При експлуатації машин повинні бути вжиті заходи, що попереджають їхнє перекидання або мимовільне переміщення під дією вітру або при наявності ухилу місцевості [18].

Для керування та обслуговування крана власник зобов'язаний призначити кранівників, які мають посвідчення на право керування цим краном. Для стропування, підвішування вантажу на гак крана призначаються стропальники. Як стропальники можуть допускатися й інші робітники (такелажники, монтажники тощо), якщо вони пройшли навчання за професією, кваліфікаційною характеристикою якої передбачено виконання робіт зі стропування вантажу.

Робоча зона крану обнесена інвентарною огорожею з попереджувачими знаками, що не допускають знаходження в цій зоні сторонніх людей.

При проведенні будівельно-монтажних робіт передбачено наступні правила техніки безпеки та безпечної експлуатації машин для різних видів робіт.

При земляних роботах до початку риття котлованів або траншей підземні комунікації повинні бути перенесені або огорожені.

Технічний стан землерийних машин повинен регулярно перевірятись. Екскаватор під час роботи повинен стояти на спланованому місці. Під час роботи екскаватора заборонено перебування людей в границях призми обвалу і в зоні розвороту стріли екскаватора (радіус + 5 м).

Навантаження автомашини екскаватором проводиться так, щоб ковш подавався з бокової або задньої сторони кузова, а не через кабіну водія. Рух екскаватора з завантаженим ківшом заборонений.

При ритті траншей і котлованів в місцях, де проходить рух людей і транспорту, встановлено огорожу з попереджувочими написами, а в нічний час огорожені місця освітлюють.

Не допускаюся встановлення і рух машин та обладнання, а також розміщення матеріалів в границях призми обвалу ґрунту нерозкріплених виїмок (котлованів і траншей).

При виробництві земляних робіт можуть мати місце такі нещасні випадки: при пошкодженні підземних мереж, порушення правил експлуатації землерийних машин, в наслідок обвалів і сповзання ґрунту при розробці виїмок без кріплення, при невиконанні правил розташування матеріалів, транспортних шляхів і землерийних машин в забої.

При виконанні кам'яних робіт необхідно забезпечити правила безпеки робіт на помостах і риштуваннях, при завантажувально-розвантажувальних роботах, при використанні машин.

До робочих місць мулярів цеглу і дрібні блоки подають пакетами на піддонах. Робочі місця організовані так, що між стіною і зоною розташування матеріалів є вільний прохід 50 см.

Кладку наступного ярусу стіни муляри проводять стоячи на робочому настилі, рівень якого на 1-2 ряди нижчий рівня кладки на початку роботи. Робочі місця систематично прибираються від сміття.

Риштування і помости є міцними і стійкими. Стояки трубчастих риштувань встановлені на дощаті підкладки товщиною 50 мм, укладені на сплановану смугу і закріплені до стін гаками за анкери, які закладені у кладку стін за ходом зведення.

Жорсткість і незмінність риштувань у плані забезпечена жорсткими діагональними в'язями. Трубчасті риштування мають громовідвідні і заземлювальні елементи.

При кладці стін з внутрішніх помостів по периметру будівлі встановлено зовнішні захисні козирки суцільного настилу шириною 1,5 м на кронштейнах з підйомом від стіни вгору під кутом 20°. Над входом у сходову клітку встановлено навіси розмірами в плані 2х2 м. Робочий настил риштувань захищений інвентарним ґратчастими щитами, а помости – огороженням висотою 1 м, що складається з поручня, проміжної і бортової дошок висотою не менше 150 мм. Проміжок між стіною і робочим настилом риштувань 50 мм.

При монтажі конструкцій до початку робіт на території монтажної ділянки необхідно встановити показники робочих проходів і проїздів, визначити небезпечні зони. Монтажне обладнання, а також захватні пристрої повинні бути перевірені і досліджені особами технічного персоналу будівництва. Місця знаходження робітників, які розташовані на висоті, огорожуються. Монтажники повинні бути з захисними пояси, за допомогою яких вони міцно прикріплюють себе до раніше змонтованих конструкцій.

При виконанні електрозварювальних робіт необхідно виконувати правила з електробезпеки і виконати вимоги з захисту людей від шкідливої дії променів електричної дуги.

На ділянці, де ведуться роботи по монтажу плит перекриття не виконують інші роботи. Заборонено стропування збірних залізобетонних конструкцій в місцях, де нема монтажних петель. Очистку збірних залізобетонних конструкцій від бруду і снігу в зимовий час проводять до їх підйому.

Заборонено знаходження людей на збірних елементах конструкцій (плитах) під час їх підйому і переміщення. Під час перерви в роботі заборонено залишати підняті елементи конструкції збірних залізобетонних плит.

Для переходу монтажників з одної збірної залізобетонної конструкції на іншу використовуються інвентарні перехідні мостики і трапи, які мають огороження.

Установленні в проектне положення збірні залізобетонні або металеві конструкції закріплені так, що забезпечені їх стійкість і геометрична незмінність.

Розстроповку збірних залізобетонних конструкцій, встановлених в проектне положення виконують після постійного або тимчасового надійного їх закріплення. Заборонено знаходження людей під збірними елементами конструкцій до встановлення їх в проектне положення і закріплення.

При проведенні покрівельних робіт, що виконуються на висоті, щоб уникнути падіння людей, матеріалів і інструменту з даху (за відсутності парпетних ґрат) місце роботи захищають тимчасовими міцними огорожами висотою 1 м з бортовими дошками заввишки не менше 15 см.

Робітники допускаються на дах для проведення робіт тільки після перевірки справності стропил і обрешетування. При покритті дахів з великим ухилом і при роботах на краях дахів при будь-якому ухилі покрівельник повинен працювати в нековзному взутті і в міцному запобіжному поясі, прикріпленому до стійкої частини споруди з канатом, що витримує статичне навантаження 1962 Н протягом 15 хв. При проведенні робіт на мокрих або покритих інієм дахах, крім того, слід обов'язково застосовувати переносні драбини з нашитими планками. Такі драбини повинні бути надійно закріплені проти зрушення по похилій поверхні.

Складати на даху покрівельні матеріали, інструмент і встановлювати ємності з мастикою можна тільки за умови вживання заходів проти їх падіння або здування вітром і проти стікання мастики або емульсії з даху.

Матеріали подають на дахи на інвентарні майданчики. Допускається складати матеріал на горищі або на риштуванні в певних місцях і на горизонтальних підставках (з ніжками, що обрізають по ухилу) [19].

Після закінчення зміни і на час перерви в роботі всі залишки матеріалів, пристосування і інструмент прибирають з крівлі або надійно на ній закріплюють. Покривати карнизні спуски, підвішувати жолоби, оголовки димарів, парпети, підвіконня, поясочки, а також підвішувати водоприймальні воронки і водостічні труби можна тільки з підмостів, випускних листів.

Для ходіння по крівлі з крихких матеріалів (азбестоцементних плиток) слід використовувати переносні ходові мостики шириною 300 мм.

Застосовувати відкритий вогонь (вогнища) на об'єкті для приготування і розігрівання мастик і інших сумішей для покрівельних робіт і для обробки покрівельних матеріалів забороняється.

При ожеледі, густому тумані, вітрі понад 6 балів, зливному дощі або сильному снігопаді покрівельні роботи не проводять.

При виконанні оздоблювальних робіт до приготування лакофарбових сумішей з шкідливими і вогненебезпечними речовинами допускають працівників, що пройшли спеціальне навчання. Зберігати синтетичні лаки і фарби необхідно в спеціально призначених для цих цілей вогнестійких будівлях, розташованих на відстані не ближче 50 м від житлових і виробничих будівель. У зоні застосування синтетичних фарб забороняється палити, користуватися відкритим вогнем.

Робітники повинні бути одягнені в спеціальне взуття. На роботах, зв'язаних з використанням синтетичних складників, робітники повинні бути забезпечені гумовими чобітьми, рукавичками і фартухами, брезентовими куртками і брюками, а також брезентовими рукавицями і нарукавниками. Приміщення повинні бути забезпечені нешкідливими мийними засобами й теплою водою. Електропроводка в цих місцях повинна бути виконана у вибухобезпечному виконанні.

4.2 Розрахунок опору заземлюючого пристрою

Металеві неструмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитись під напругою.

Усунення небезпеки ураження електричним струмом при такому переході напруги на неструмоведучі частини електроустановок у мережах з ізольованою нейтральною лінією здійснюється за допомогою захисного заземлення. Під захисним заземленням розуміють з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустановок із землею шляхом заземлюючих провідників і заземлювачів для створення між цими частинами і землею малого опору.

В нашому випадку заземленню підлягає трансформатор, $R_3 = 4 \text{ Ом}$.

Тип заземлювача – труба $d = 0,05 \text{ м}$, $l = 2,5 \text{ м}$, глибина розташування в землі $h = 0,6 \text{ м}$ (рис. 4.1).

Приймаєм відстань між заземлювачами $a = 5 \text{ м}$, а ширину сталїної смуги $b = 0,04 \text{ м}$.

Питомий опір $\rho_3 = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Розрахунковий опір землі $\rho_{p.3} = \psi \cdot \rho_3 = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Опір розтікання струму в землі одного вертикального заземлювача:

$$R_b = \frac{\rho_{p3}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4z+l}{4z-l} \right) =$$

$$= \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,85 + 2,5}{4 \cdot 1,85 - 2,5} \right) = 47,3 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4.1)$$

де z – віддаль від поверхні землі до середини заземлювача.

$$k = a/l = 5/2,5 = 2, \quad (4.2)$$

тоді по графіку коефіцієнт використання заземлювачів $n_g = 0,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Кількість заземлювачів n :

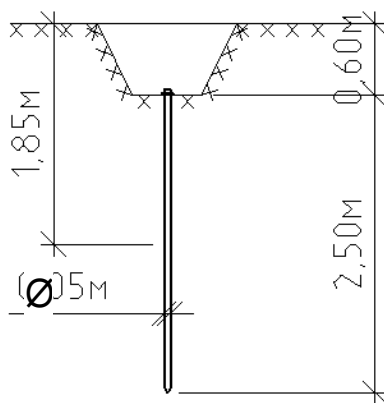


Рисунок 4.1 – Схема заземлювача

$$n = \frac{R_b}{R_3 \cdot \eta_b} = \frac{47,3}{4 \cdot 0,6} = 19,7 \text{ шт.} \approx 20 \text{ шт.} \quad (4.3)$$

Довжина горизонтального заземлювача $l = an = 5 \cdot 20 = 100 \text{ м.}$

Опір горизонтального заземлювача R_2

$$R_2 = \frac{\rho_{pz}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot l^2}{b \cdot h} \right) = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 100^2}{0,04 \cdot 0,6} \right) = 3,25 \text{ Ом} \quad (4.4)$$

Загальний опір заземлюючого пристрою

$$R_3 = \frac{R_b \cdot R_2}{n \cdot R_2 \cdot \eta_b + R_b \cdot \eta_2} = \frac{47,3 \cdot 3,25}{20 \cdot 3,25 \cdot 0,6 + 47,3 \cdot 0,45} = 2,55 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

4.3 Забезпечення пожежної безпеки на об'єкті

Для виникнення горіння необхідно мати в наявності три основні компоненти: горючу речовину, окисник й джерело запалювання. Горюча речовина разом з окисником, яким здебільшого є кисень повітря, утворюють горюче середовище. Тому запобігання пожежі досягається:

- попередженням утворення горючого середовища;
- попередженням утворення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання.

В цілому, під пожежною небезпекою розуміють можливість виникнення та розвитку пожежі [19]. Аналіз пожежної небезпеки полягає у визначенні наявності горючих речовин і можливих джерел запалювання, ймовірних шляхів розповсюдження пожежі й необхідних засобів пожежогасіння.

Джерелом запалювання може бути таке нагріте тіло (у випадку примусового запалювання) чи такий екзотермічний процес (при самозайманні), які здатні

нагріти деякий об'єм горючої суміші до визначеної температури, коли швидкість тепловиділення (за рахунок реакції горючої суміші) дорівнює чи перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції. При цьому потужність та тривалість теплового впливу джерела повинні забезпечувати підтримання критичних умов протягом часу, необхідного для розвинення реакції з формуванням фронту полум'я, здатного до подальшого самостійного поширення.

Для проєктованого об'єкта – будівлі автосервісу – пожежна небезпека характеризується двома основними факторами – наявністю потенційних джерел запалювання внаслідок виконання технологічних операцій з ремонту автомобілів (газо- та електрозварювальні роботи, механічна обробка металів, використання електроінструменту) та присутністю горючих і легкозаймистих речовин (бензин, автомобільна олива, лакофарбові матеріали).

Ключовими елементами комплексної системи забезпечення пожежної безпеки є встановлення автоматичних пожежних сповіщувачів, обладнання приміщень системами пожежогасіння (водяними, газовими чи порошковими), а також наявність первинних засобів пожежогасіння та чітких схем евакуаційних шляхів. Важливою складовою є також забезпечення утримання всіх конструктивних та інженерних систем об'єкта у справному стані з дотриманням протипожежних норм і вимог.

Підготовка об'єкта до можливої пожежі включає в себе наступні основні заходи:

1. Профілактичні – спрямованих на запобігання пожежі.
2. Аналіз пожежної небезпеки, виявлення можливих місць виникнення пожеж, складання прогнозів їх розвитку.
3. Розробка планів евакуації людей, матеріальних цінностей, схем оповіщення, відключення вентиляції, електропостачання, інженерного та технологічного обладнання в умовах пожежі.
4. Забезпечення засобами пожежогасіння, пожежною технікою, системами виявлення пожежі на початковій стадії її розвитку.

5. Створення необхідного розрахункового запасу вогнегасних речовин, постійне підтримання систем та засобів пожежогасіння у працездатному стані.
6. Підвищення рівня пожежної стійкості об'єкта, створення умов для безперешкодних та ефективних дій підрозділів пожежної охорони.
7. Розробка і реалізація заходів, що спрямовані на обмеження масштабів та наслідків можливих пожеж.
8. Навчання і систематичне проведення тренувань з персоналом на випадок виникнення пожежі.
9. Обов'язковий контроль за готовністю всього комплексу заходів на випадок виникнення пожежі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено проєкт сучасного автосервісу для ремонту та обслуговування автомобілів в м. Чоп Закарпатської області та проведено дослідження вогнестійкості металевих тримких конструкцій.

Основою будівлі служать металеві конструкції та залізобетонні фундаменти стовпчастого типу. Розміри в осях 30×18 м. В роботі проведено підбір та конструювання перерізів металевих тримких елементів за допомогою розрахунку в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2022. Виконано проєктування фундаментів під будівлю.

В науково-дослідному розділі розглянуто проблему визначення вогнестійкості тримких елементів конструкцій та запропоновано використати спрощену методику на основі температурного параметру. Створено скінченно елементну модель для визначення критичної температури елементів за умов стандартної пожежі. Проведено оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу автосервісу та підібрано необхідний вогнезахист.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. — [Чинний від 2011-11-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 127 с. — (Національний стандарт України).
2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. — [Чинний від 2007-11-01]. — К. : Мінбуд України, 2006. — 75 с. — (Національний стандарт України).
3. Будівництво в сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2014. — [Чинний від 2014-10-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2014. — 110 с. — (Національний стандарт України).
4. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013. — [Чинний від 2014-01-01]. — К.: Мінрегіон України, 2013. — 134 с. — (Національний стандарт України).
5. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. — [Чинний від 2017-06-01]. — К.: Мінрегіонбуд, 2017. — 35 с. — (Національний стандарт України).
6. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2021. — [Чинний від 2021-09-01]. — К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. — 23 с. — (Національний стандарт України).
7. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель : ДСТУ 9191-2022. — [Чинний від 2023-03-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2023. — 60 с. — (Національний стандарт України).
8. Труби сталеві профільні. Технічні умови : ДСТУ 8940:2019. — [Чинний від 2021-01-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. — 20 с. — (Національний стандарт України).
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування : ДСТУ Б В.1.2-3:2006. — [Чинний від

- 2007-01-01]. — К. : Мінбуд України, 2006. — 15 с. — (Національний стандарт України).
10. Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014. — [Чинний від 2015-01-01]. — К. : Мінрегіон України, 2022. — 220 с. — (Національний стандарт України).
11. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018. — [Чинний від 2019-01-01]. — К.: Мінрегіон України, 2018. — 35 с. — (Національний стандарт України).
12. Макара, Т.Я. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). — Т. 1. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 93.
13. Морозов, В.В. Оцінка вогнестійкості сталеві ферми під час пожежі / В.В. Морозов, К. Казаді, А.П. Сорочак, // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019). — Т. 1. — С. 121.
14. Башинський, О. Аналіз напружено-деформованого стану вогнезахищеної сталеві балки перекриття / Олексій Башинський, Ольга Башинська // Будівельні конструкції. Теорія і практика. — № 12. — 2023. — С. 126-138.
15. Випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги : ДСТУ EN 1363-1:2023. — [Чинний від 2024-03-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024. — 36 с. — (Національний стандарт України).
16. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість : ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. — [Чинний від 2017-04-01]. — К. : Мінрегіон України, 2016. — 146 с. — (Національний стандарт України).
17. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд : ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. — [Чинний від 2013-07-

- 01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2013. — 154 с. — (Національний стандарт України).
18. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009. — [Чинний від 2012-04-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2012. — 116 с. — (Національний стандарт України).
19. Каспрук В.Б. Методичні вказівки до написання розділу з охорони праці в будівництві для спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" / В. Б. Каспрук — Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. — 15 с.
20. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, — Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. — 150 с.

Д О Д А Т К И

ДОДАТОК А КОЕФІЦІЄНТИ РСН

Таблиця А.1 – Коефіцієнти розрахункових сполучень зусиль

№ завант.	Найменування	Вид	Знакозмінн.	Взаємовикл.	Відношення коеф.	Pq/ Pch	РСН 1	РСН 2	РСН 3	РСН 4	РСН 5
1	Власна вага	Постійне (П)	+		1.1	1.0	1.	1.	1.	1.	1.
2	Стінові панелі	Постійне (П)	+		1.1	1.0	1.	1.	1.	1.	1.
3	Покрівля	Постійне (П)	+		1.1	1.0	1.	1.	1.	1.	1.
4	Сніг	Короткочасне (К)	+		1.0	.35	0.	1.	0.	0.	0.9
5	Вітер Х	Миттєве (М)	+	1	4.76	.0	0.	0.	1.	0.	0.9
6	Вітер Y	Миттєве (М)	+	1	4.76	.0	0.	0.	0.	1.	0.
7	Сейсмічне Х	Сейсміка (С)	+/-	2	1.0	.0	0.	0.	0.	0.	0.
8	Сейсмічне Y	Сейсміка (С)	+/-	2	1.0	.0	0.	0.	0.	0.	0.

Продовження табл. А.1

№ завант.	Найменування	Вид	РСН 6	РСН 7	РСН 8	РСН 9	РСН 10	РСН 11	РСН 12	РСН 13	РСН 14
1	Власна вага	Постійне (П)	1.	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
2	Стінові панелі	Постійне (П)	1.	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3	Покрівля	Постійне (П)	1.	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
4	Сніг	Короткочасне (К)	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5	Вітер Х	Миттєве (М)	0.	0.5	0.5	0.	0.	0.5	0.5	0.	0.
6	Вітер Y	Миттєве (М)	0.9	0.	0.	0.5	0.5	0.	0.	0.5	0.5
7	Сейсмічне Х	Сейсміка (С)	0.	1.	0.	1.	0.	-1.	0.	-1.	0.
8	Сейсмічне Y	Сейсміка (С)	0.	0.	1.	0.	1.	0.	-1.	0.	-1.