

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Кафедра технології та організація будівельного виробництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ЗВЕДЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ЦЕНТРУ У ВІННИЦІ

Розробив: студент IV курсу, групи БтаЦІ 2022-1
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

ОПП «Промислове та цивільне будівництво»

Симоненко Ігор Валерійович



Керівник: к.т.н., доцент Бутнік С.В.



Рецензент: к.т.н., доцент Говоруха І.В.



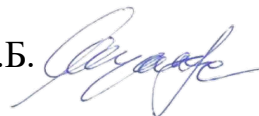
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри технології та
організації будівельного виробництва

Шумаков І. В. П.І.Б.
“ ” 2026 р.



**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Симоненку Ігорю Валерійовичу

Спеціальність: *192 Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення автомобільного центру у Вінниці*
затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від
26.05.2026

Термін подання завершеної роботи на кафедру “16” червня 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об'єкту.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, технологічні рішення та організація будівництва, розділ охорони праці.*

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: Генеральний план, план поверху, розріз, план покрівлі, фасади – 2л.;

- розрахунково-конструктивна частина: конструювання фундаменту, інженерно-геологічний переріз, конструювання колони – 1л.; верхні та нижні вузли ферми, розріз ферми – 2л.;

- технологічні рішення та організація будівництва: технологічна карта на монтаж металевої ферми – 1л.; бюджетплан – 1л.; календарний графік – 1л.;

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		завдання видав	завдання прийняв	
1. Архітектурно-будівельна частина	Казімагомедов Ф.І. к.т.н. доц.			
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	Храпатова І.В. к.т.н. доц.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	Солодовник Ю.Ю. PhD, асист.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва	Бутнік С.В. к.т.н. доц.			
4. Охорона праці	Косенко Н.О. к.т.н. доц.			
Нормоконтроль	Зинов'єва О.М.			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	30.05.2026-01.06.2026	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	02.06.2026-09.06.2026	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	10.06.2026-14.06.2026	виконано
4. Охорона праці	15.06.2026-16.06.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи  к.т.н., доц. Бутнік С.В.

Завдання прийняв до виконання  Симоненко І.В.

Дата видачі завдання “27” травня 2026 р.

Зміст

РОЗДІЛ 1.....	5
АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	5
1.1 Характеристика об'єкта та природно-кліматичні умови	5
1.2 Генеральний план та організація території.....	5
1.3 Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення	7
1.4 Архітектурно-конструктивні рішення.....	7
1.5 Функціональне призначення приміщень.....	9
1.6 Інженерне обладнання та оздоблення.....	11
1.7 Техніко-економічні показники за кресленнями	12
1.8 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	12
РОЗДІЛ 2.....	15
РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	15
2.1 Розрахунок підземної частини.....	15
2.1.1 Аналіз вихідних даних.....	15
2.1.2 Загальна характеристика прийнятого типу фундаментів.....	15
2.1.3 Класифікаційні показники ґрунтів	17
2.1.4 Збір навантажень	20
2.1.5 Визначення осідання фундаменту методом пошарового підсумовування.....	25
2.1.6 Конструювання фундаменту.....	28
2.1.7 Розрахунок фундаменту на продавлювання.....	29
2.1.8 Армування фундаменту	29
2.2 Розрахунок надземної частини.....	30
2.2.1 Підбір класу міцності сталі для ферми	30
2.2.2 Збір навантажень	31
2.2.3 Навантаження на розрахункову модель.....	34
2.2.4 Результати обчислення внутрішніх зусиль	34
2.2.5 Конструктивний розрахунок елементів кроквяної ферми	35
2.2.6 Розрахунок вузлів кроквяної ферми	40
РОЗДІЛ 3.....	46
ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	46
3.1 ЗАГАЛЬНІ РІШЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВЕДЕННЯ ОБ'ЄКТА.....	46
3.2 Земляні роботи.....	47
3.2.1 Підготовчі роботи та зняття рослинного шару.....	47
3.2.2 Механізована розробка котлованів.....	47
3.2.3 Зачищення дна котловану.....	48
3.2.4 Зворотна засипка та ущільнення.....	48
3.3 Вибір монтажного крану	49
3.3.1 Розрахункові параметри монтажних кранів	49
3.3.2 Вибір монтажного механізму	51

3.3.3 Вибір вантажозахоплювальних пристроїв та оснащення.....	52
3.4 Влаштування надземної частини будівлі.....	55
3.4.1 Технологія монтажу металевих колон та ферм краном СКГ-401	57
3.4.2 Влаштування покрівлі.....	58
3.5 Номенклатура і обсяги будівельно-монтажних робіт.....	59
3.6 Календарний графік будівництва.....	61
3.7 Будівельний генеральний план.....	61
РОЗДІЛ 4.....	63
ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ.....	63
4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому та нормативно-правовому рівнях.....	63
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проєктування	67
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування за допомогою поопераційного матричного методу.....	71
4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проєктування.....	80
4.4.1 Організаційні заходи безпеки праці	80
4.4.2 Технічні та інженерні заходи безпеки	82
4.4.3 Архітектурно-планувальні та санітарно-гігієнічні рішення.....	83
4.4.4 Санітарно-побутове та медичне обслуговування працівників.....	85
4.4.5 Протипожежні заходи на території будівельного майданчика при виконанні БМР	86
4.4.6 Заходи з охорони навколишнього природного середовища та поводження з будівельними відходами	87
4.4.7 Система оперативного треступеневого контролю за станом охорони праці.....	88
4.4.8 Оцінка соціально-економічної ефективності розроблених заходів.....	89
Список використаних джерел.....	92

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкта та природно-кліматичні умови

Дана робота присвячена проектуванню сучасної будівлі автосалону в місті Вінниця. Архітектурна концепція об'єкта базується на створенні відкритого виставкового простору з інтегрованими сервісними зонами. Об'єкт розташований у межах міської забудови, що згідно з ДБН В.2.6-31:2021 відноситься до першої температурної зони України. Кліматичні параметри району будівництва прийняті відповідно до чинних нормативів: середня температура найбільш холодної п'ятиденки становить - 22 °С. [1]

Територія належить до II вітрового району з характеристичним значенням вітрового тиску 450 Па. Місцевість відноситься до типу II - сільська територія з наявністю малоповерхових будівель. Нормативна глибина промерзання ґрунту становить 1,2 м, що враховано при проектуванні подошви фундаментів. Сейсмічність майданчика будівництва менше 6 балів за шкалою MSK-64, що дозволяє проектувати споруду без спеціальних антисейсмічних заходів. Клас наслідків (відповідальності) будівлі визначено як СС1. Ступінь вогнестійкості об'єкта - II, оскільки основна несуча система будівлі - сталевий каркас, для забезпечення нормативної межі вогнестійкості конструкцій (R) передбачено комплекс вогнезахисних заходів. Сталеві колони та балки покриваються спеціальними інтумесцентними (вспушувальними) фарбами або облицьовуються вогнестійкими плитами, що дозволяє підвищити критичну температуру металу під час пожежі. Ступінь довговічності - I, із нормативним терміном експлуатації 100 років.

1.2 Генеральний план та організація території

Проектне рішення генерального плану розроблене з урахуванням містобудівних умов та обмежень, а також функціональних особливостей експлуатації сучасного автосалону. Ділянка будівництва межує безпосередньо з магістральною вулицею загальноміського значення, що забезпечує максимальну візуальну доступність головних фасадів споруди та створює оптимальні умови для залучення потенційних клієнтів. Проект передбачає комплексний благоустрій та інженерну підготовку

території, що включає вертикальне планування, влаштування системи водовідведення та мережі під'їзних доріг.

На території об'єкта реалізовано чітке функціональне зонування, яке базується на принципі розділення потоків відвідувачів, демонстраційного транспорту та персоналу. Це дозволяє уникнути перетину технологічних ліній і забезпечити безпеку руху на майданчику. Згідно з проектом, організовано три автономні спеціалізовані зони для тимчасового та постійного паркування автомобілів:

Стоянка для клієнтів розташована у фронтальній частині ділянки безпосередньо перед панорамним склінням виставкової зали та головним вхідним вузлом. Покриття цієї зони виконане з посиленого асфальтобетону, що розрахований на інтенсивне маневрування легкового транспорту.

Зона Test-Drive представлена окремим виокремленим майданчиком, призначеним виключно для експозиції демонстраційних моделей та організації пробних поїздок. Розміщення цієї зони дозволяє клієнтам швидко та безпечно виїжджати на магістраль, не перешкоджаючи руху інших транспортних засобів на території.

Службовий паркінг інтегрований у тилову частину земельної ділянки, що забезпечує приховане розміщення автомобілів персоналу та сервісного транспорту. Таке розташування відповідає вимогам естетики головного фасаду та дозволяє раціонально використовувати корисну площу ділянки.

Особлива увага приділена захисту підземних конструкцій будівлі від впливу атмосферних та поверхневих вод. По всьому зовнішньому периметру споруди влаштовано капітальне бетонне вимощення на підготовленій піщаній основі загальною товщиною 100 мм. Для забезпечення ефективного самопливного відведення вологи вимощення виконане з нормативним ухилом у межах 3–5% у напрямку від зовнішніх стін до системи зливової каналізації. Така конструкція надійно запобігає зволоженню ґрунтів основи, виключає ризик нерівномірного просідання фундаментів та суттєво підвищує загальну експлуатаційну довговічність підземної частини будівлі.

1.3 Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення

Будівля автосалону у місті Вінниця запроектована як сучасний двоповерховий об'єкт прямокутної конфігурації в плані з габаритними розмірами в осях, що обумовлені функціональним поєднанням торговельних залів та зон технічного сервісу. Планувальна структура базується на принципі відкритого простору (open space) для виставкової зали (шоу-руму), що забезпечує максимальну оглядовість експозиції, та чіткому технологічному зонуванні робочих і допоміжних приміщень. Габаритні параметри: Об'ємно-просторова композиція будівлі враховує специфіку об'єкта: висота першого поверху становить 4,5 м, що дозволяє вільно розміщувати всередині великогабаритні автомобілі та спеціалізоване технологічне обладнання, зокрема автомобільні підйомники. Другий поверх має висоту 3,3 м. Згідно з фасадними рішеннями та розрізами, загальна висота будівлі від рівня землі до верхньої точки парапету становить 11,100 м.

Функціональне групування: Перший поверх будівлі є основним комунікаційним вузлом, де зосереджені потоки відвідувачів у зонах обслуговування №102 та №104 (шоу-рум). Технологічна частина першого поверху представлена потужним блоком сервісу: 1-постовою мийкою (№122), великим цехом кузовного ремонту (№125) площею 529,85 м², а також спеціалізованим малярним блоком із фарбувально-сушильними камерами №133 та №134. Другий поверх функціонально відведено під адміністративно-офісні приміщення для персоналу та унікальну оглядову площадку, що інтегрована в архітектурний об'єм будівлі.

Вертикальний зв'язок: Безперешкодне сполучення між рівнями та дотримання протипожежних норм евакуації забезпечується системою внутрішніх сходових кліток. Сходи №126 та №137 розташовані у різних частинах будівлі (в осях 6-17 та адміністративному блоці), що створює логічну схему руху персоналу та відвідувачів.

1.4 Архітектурно-конструктивні рішення

Конструктивна схема об'єкта вирішена у вигляді повного сталевих каркаса, що складається з вертикальних колон та системи ригелів і ферм покриття. Просторова жорсткість та геометрична незмінність будівлі забезпечується жорстким закріпленням колон у фундаментах, а також влаштуванням системи вертикальних і горизонтальних сталевих зв'язків по каркасу. Фундаменти під будівлю запроектовані

комбінованого типу: монолітні залізобетонні стовпчасті під сталеві колони та стрічкові під самонесучі огорожувальні стіни. Глибина закладення фундаментів становить 1,2 м, що відповідає нормативній глибині промерзання ґрунту в місті Вінниця, а для зміцнення основи та запобігання просіданню під подошвою влаштовується ущільнена піщана підготовка з використанням шару геотекстилю. Огорожувальні конструкції стін виконують роль самонесучих елементів і складаються з тришарових металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм із внутрішнім наповнювачем із мінеральної вати. Таке рішення забезпечує високі теплотехнічні показники, що значно перевищує нормативні вимоги для першої температурної зони. Панелі кріпляться до сталевих прогонів каркаса за допомогою спеціальних самонарізних гвинтів із ущільнювальними шайбами.

Особлива увага приділена конструкціям підлог: у виставковій залі реалізовано багат шарову структуру, що включає систему «тепла підлога», армовану цементно-піщану стяжку та фінішне покриття з великоформатного зносостійкого керамограніту. У зонах сервісу (цех кузовного ремонту та мийка) влаштована посилена бетонна підлога з топінгом для захисту від механічних пошкоджень та агресивних хімічних речовин. Міжповерхове перекриття виконане у вигляді монолітної залізобетонної плити по сталевому профільованому настилу, що спирається на балки каркаса. Унікальним елементом є оглядова площадка другого поверху, конструкція якої передбачає використання багат шарового скла (триплекс) на точкових спайдерних кріпленнях, інтегрованих у металеву основу.

Покрівельне покриття будівлі є плоским, суміщеним, із внутрішнім водовідведенням. По периметру будівлі влаштовано бетонне вимощення товщиною 100 мм на піщаній основі з ухилом 3–5% для відведення опадів від фундаментів. Усі сталеві елементи каркаса підлягають обов'язковому вогнезахисту інтумесцентними фарбами для забезпечення II ступеня вогнестійкості споруди.

Фундаменти. Запроектвані у вигляді монолітних залізобетонних фундаментів стовпчастого типу під сталеві колони каркаса та стрічкових фундаментів. По подошві фундаментів влаштовується підготовка у вигляді піщаної подушки з пошаровим ущільненням. Глибина закладення фундаментів становить 1,2 м. Для підвищення несучої здатності основи застосовується прошарок геотекстилю.

Каркас та стіни. Основна несуча система - сталевий каркас, що складається з колон та ферм. Зовнішні стіни виконують роль самонесучих огорожувальних конструкцій і виконані з тришарових металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм. Панелі монтуються за допомогою спеціальних самонарізних гвинтів до елементів каркаса. Внутрішні перегородки виконані з керамічної цегли або гіпсокартону (ГКЛ).

Оглядова площадка. Унікальний архітектурний елемент другого поверху, виконаний повністю зі скла (багатошаровий триплекс) на металевій балковій основі. Це рішення створює ефект невагомості та забезпечує панорамний огляд виставкової зали. Скляні панелі закріплені на точкових кріпленнях (спайдерах), що гарантує просторову жорсткість.

Покрівля. Запроектована як пласка суміщена конструкція. Склад покрівельного "пирога" зверху вниз:

1. Полімерна ПВХ-мембрана для гідроізоляції.
2. Розділювальний шар геотекстилю щільністю 300 г/м².
3. Теплоізоляція з мінераловатних плит товщиною 150 мм.
4. Пароізоляційний шар Juta H 110.
5. Сталевий профільований настил по металевих прогонах.

1.5 Функціональне призначення приміщень

Внутрішній простір проектуємої будівлі автосалону чітко розділений на функціональні блоки, що дозволяє оптимізувати сервісні, торговельні та логістичні процеси, забезпечуючи при цьому максимальний комфорт для клієнтів і раціональні умови праці для персоналу. Планувальна структура розроблена з урахуванням технологічного взаємозв'язку між зонами прийому, експозиції та технічного обслуговування автомобілів.

Торговельно-демонстраційна зона є центральним ядром об'єкта та охоплює простору виставкову залу (шоу-рум) і спеціалізовані зони прийому відвідувачів (приміщення 102, 104). Шоу-рум запроектований із використанням панорамного скління, що забезпечує природне освітлення експозиції та візуальний зв'язок із зовнішнім простором. У цій зоні передбачені місця для консультування клієнтів, оформлення договорів купівлі-продажу та фінансових послуг. Покриття підлоги тут

виконане з високоміцного керамограніту, здатного витримувати навантаження від колісної техніки, а система «тепла підлога» забезпечує комфортний мікроклімат у холодний період року.

Сервісно-виробнича зона інтегрована в загальний об'єм будівлі, але функціонально відокремлена для дотримання санітарно-гігієнічних та протипожежних норм. Вона включає:

- пост мийки (приміщення 122), обладнаний системою очищення та рециркуляції води, що дозволяє проводити передпродажну підготовку та очищення авто перед обслуговуванням.

- цех кузовного ремонту (приміщення 125), розрахований на одночасну роботу декількох постів. Приміщення має посилену бетонну підлогу та систему примусової витяжної вентиляції для видалення відпрацьованих газів і пилу.

- малярний блок (приміщення 132-134), який складається з зон професійного підготовки та фарбувально-сушильних камер. Конструкція камер передбачає повну герметичність, спеціалізоване освітлення без відблисків та складну систему фільтрації повітря для забезпечення високої якості лакофарбового покриття.

Адміністративно-побутовий блок призначений для забезпечення управлінських процесів та задоволення побутових потреб персоналу. Робочі кабінети менеджерів та керівників цехів (приміщення 143, 145) розташовані таким чином, щоб забезпечувати оперативний контроль за роботою відповідних підрозділів. Побутова частина включає роздягальні для малярів та майстрів (приміщення 130), обладнані індивідуальними шафами та душовими сітками. Також передбачено складські приміщення та комори для зберігання інструментів і витратних матеріалів (приміщення 140), що дозволяє підтримувати порядок у робочих зонах.

Технічний блок об'єднує приміщення, що забезпечують життєдіяльність та енергонезалежність будівлі. До його складу входить автономна котельня, обладнана сучасними котлами для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання. Вузол зв'язку та агрегатна (приміщення 142) концентрують у собі телекомунікаційне обладнання за технологією FTTH, сервери відеоспостереження та джерела безперебійного живлення (UPS), що гарантує безперервну роботу критичних систем навіть у разі аварійних відключень зовнішньої мережі.

1.6 Інженерне обладнання та оздоблення

Водопостачання та каналізація. Системи водозабезпечення автосалону запроєктовані для задоволення господарсько-питних, протипожежних та технологічних потреб об'єкта. Основним джерелом водопостачання є централізована мережа міського водопроводу міста Вінниця. Введення в будівлю здійснюється через фундамент із улаштуванням герметичних гільз для запобігання проникненню вологи. Внутрішні магістралі холодного та гарячого водопостачання виконуються з високоякісних поліпропіленових труб (тип PPR), що відрізняються високою корозійною стійкістю, довговічністю та низьким гідравлічним опором. Система водовідведення інтегрована в загальноміську мережу каналізації. Особливу увагу приділено технологічним стокам від посту мийки та сервісної зони: вони проходять попередню механічну та хімічну обробку в локальних очисних спорудах (маслоуловлювачах), що гарантує відповідність скидів екологічним нормам.

Опалення та вентиляція. Для забезпечення стабільного температурного режиму в будівлі передбачена автономна система теплопостачання від власної котельні, що розміщена в окремому технічному блоці. Робота системи базується на комбінованому використанні сучасних нагрівальних приладів:

- у клієнтських зонах та шоу-румі реалізована система «тепла підлога», яка забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії та створює комфортний мікроклімат для відвідувачів.
- в адміністративних кабінетах та допоміжних приміщеннях встановлені сталеві панельні радіатори з терморегуляторами. Вентиляція об'єкта запроєктована як примусова механічна з організованим повітрообміном. Система забезпечує видалення відпрацьованого повітря з зон сервісу та мийки, одночасно подаючи свіже очищене повітря в розрахункових об'ємах для підтримки нормативної якості повітряного середовища.

Електропостачання та телекомунікації. Зовнішнє живлення будівлі здійснюється від загальноміської електромережі за допомогою самонесучого ізольованого проводу (типу СІП 4×16 мм²). Внутрішня електромережа запроєктована за багаторівневою схемою із застосуванням джерел безперебійного живлення (UPS), що забезпечують стабільне функціонування критичних споживачів: серверного

обладнання, систем відеоспостереження, аварійного освітлення та котельної установки. Телекомунікаційний вузол реалізований за передовою технологією FTTH (оптоволокну безпосередньо в будівлю), що гарантує високу швидкість обміну даними та стабільність цифрових сервісів. Внутрішня ІТ-інфраструктура включає розгортання безшовної Wi-Fi мережі та системи інтелектуального відеомоніторингу.

Опоряджувальні роботи в будівлі автосалону виконуються з використанням зносостійких та естетичних матеріалів, що відповідають статусу об'єкта. Підлогове покриття у виставковій залі (шоу-румі) виконане з керамогранітної плитки великого формату, яка має високий клас стирання та здатна витримувати значні статичні й динамічні навантаження від експонованих автомобілів. Стіни в приміщеннях санітарних вузлів облицьовані керамічною плиткою на всю висоту, що забезпечує належну гігієнічність та вологостійкість.

Світлопрозорі конструкції фасаду представлені металопластиковими віконними блоками з багатокамерним профілем та двокамерними енергоефективними склопакетами, заповненими аргоном. Це дозволяє суттєво мінімізувати тепловтрати через засклені поверхні та забезпечити нормативну звукоізоляцію приміщень від шуму магістральної вулиці. Внутрішні двері прийняті як дерев'яні, так і металеві утеплені (для технічних приміщень), що поєднують у собі функціональність, пожежну безпеку та сучасний дизайн.

1.7 Техніко-економічні показники за кресленнями

- Площа забудови: 885,0 м²
- Будівельний об'єм: 9823,5 м³
- Загальна площа: 1140,5 м²
- Висота будівлі: 11,100 м

1.8 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Метою даного теплотехнічного розрахунку є обґрунтування та перевірка відповідності обраної товщини теплоізоляційного (захисного) шару зовнішньої огорожувальної конструкції цивільної будівлі встановленим нормативним вимогам. Розрахунок проводиться для забезпечення належного теплового балансу будівлі та комфортного мікроклімату в приміщеннях під час зимового періоду експлуатації.

Відповідно до актуальної карти-схеми розподілу території України за кліматичними показниками, місто Вінниця належить до першої температурної зони. Для даної географічної зони чинними державними будівельними нормами встановлено суворі вимоги до енергоефективності конструкцій.

Нормована величина опору теплопередачі для даної зони, відповідно до чинних стандартів, становить $R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$. При проведенні розрахунків прийнято нормальний вологісний режим приміщень ($\phi = 50\%$) при внутрішній температурі повітря $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, що відповідає умовам експлуатації категорії Б.

Конструктивне рішення зовнішньої стіни автосалону передбачає використання тришарових металевих сендвіч-панелей, що виключає ризик виникнення точки роси всередині конструкції. Склад стіни (починаючи з внутрішньої поверхні) включає наступні шари:

1. Внутрішній металевий лист: $\delta_1 = 0.5 \text{ мм}$; $\lambda_1 = 58 \text{ Вт/м} \times \text{К}$
2. Утеплювач (мінеральна вата): $\delta_2 = 249 \text{ мм}$; $\lambda_2 = 0,06 \text{ Вт/м} \times \text{К}$
3. Зовнішній металевий лист: $\delta_3 = 0.5 \text{ мм}$; $\lambda_3 = 58 \text{ Вт/м} \times \text{К}$

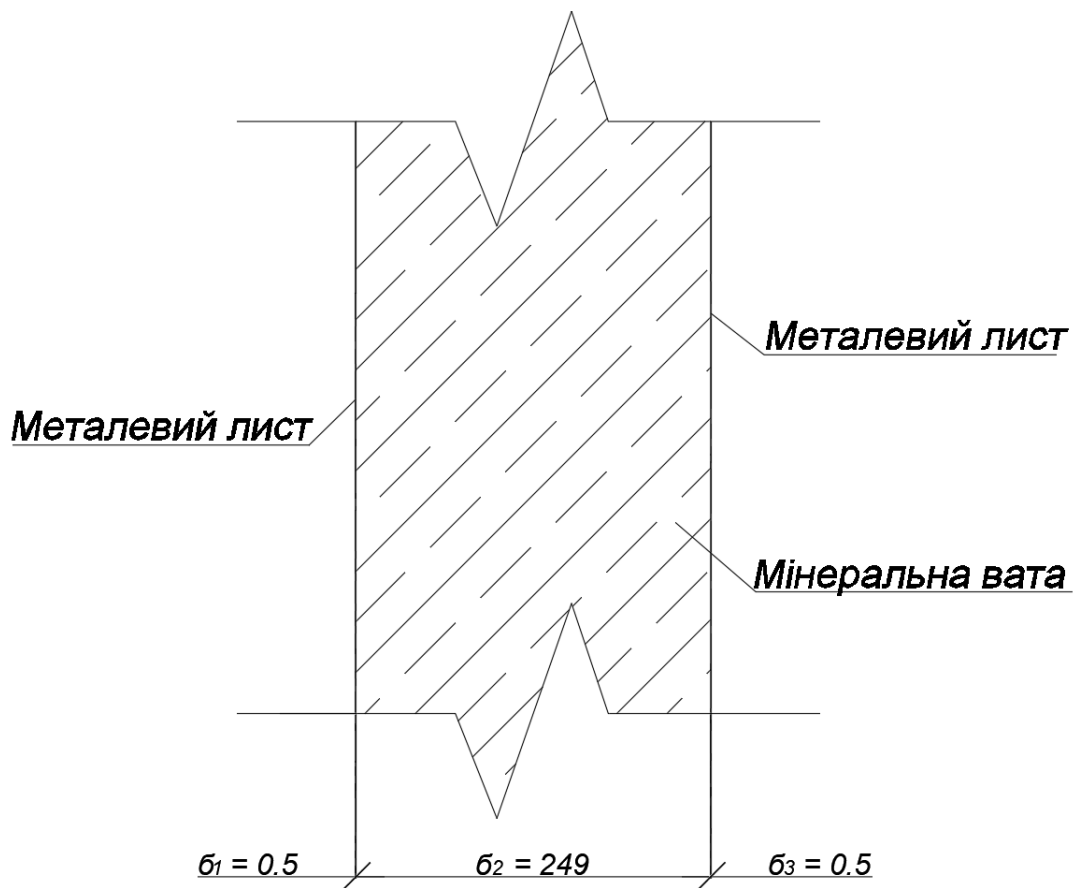


Рисунок 1.1 - Стіна в розрізі

Термічний опір одношарової конструкції обчислюємо за формулою:

$$R = \delta / \lambda; \quad (1.1)$$

де R – термічний опір однорідної конструкції, м; δ - товщина шару однорідної конструкції; λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/м^{°C}

Термічний опір першого шару за формулою 1.1:

- $R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0,0005 / 58 = 0,0000086$ (Вт/(м²×К));
- $R_2 = \delta_2 / \lambda_2 = 0,249 / 0,06 = 4,15$ (Вт/(м²×К));
- $R_3 = \delta_3 / \lambda_3 = 0,0005 / 58 = 0,0000086$ (Вт/(м²×К));

Загальний фактичний опір теплопередачі конструкції знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma, пр} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \Sigma R + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1.2)$$

де $\alpha_{в}$ – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_{в} = 8,7$ (м²×К)/Вт); α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої конструкції, $\alpha_3 = 23$ ((м²×К)/Вт);

$$R_{\phi} = 1/8,7 + 0,0000086 + 4,14 + 0,0000086 + 1/23 = 4,308 \text{ (Вт/(м}^2 \times \text{К))};$$

$$R_{\Sigma, пр} \geq R_{q, min},$$

$$R_{\Sigma, пр} = 4,308 \text{ (Вт/(м}^2 \times \text{К))} > R_{q, min} = 4 \text{ (Вт/(м}^2 \times \text{К))},$$

Оскільки $R_{\Sigma, пр} \geq R_{q, min}$, умова теплотехнічної однорідності огорожувальної конструкції виконується. Коефіцієнт теплопередачі стіни $k \approx 0,232$ Вт/(м²×К).

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підземної частини

2.1.1 Аналіз вихідних даних

Таблиця 2.1 - Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного майданчика

№ шару	Найменування ґрунтів	Номер свердловини і потужність шару, м				
		1	2	3	4	5
1.	Пісок середньої крупності	3,8	3,9	4,0	3,9	
2.	Пісок дрібний	2,8	2,9	3,0	3,1	
3.	Супісок	3,4	3,3	3,5	3,6	
4.	Суглинок	3,8	3,9	3,9	4,0	
5.	Глина	8,7	8,9	8,8	8,7	
	Глибина залягання підземної води	8,2	8,4	8,3	8,3	
	Відмітка гирла свердловини, м.	190	190,75	190	190,75	

Таблиця 2.2 - Характеристики властивостей ґрунтів

Найменування	Умов. позн.	Од. вимірювання	Номер шару				
			1	2	3	4	5
Щільність	ρ_{II}	т/м ³	2,03	1,96	2,00	2,10	2,06
Щільність часток	ρ_s	т/м ³	2,67	2,69	2,65	2,65	2,70
Природна вологість	W		0,25	0,26	0,3	0,18	0,22
Вологість на межі текучості	W_L					0,26	0,40
Вологість на межі пластичності	W_p					0,17	0,20
Кут внутрішнього тертя	φ_{II}	град	33	28	7	21	15
Питоме зчеплення	C_{II}	кПа	1	1	1	20	80
Модуль деформації	E	мПа	30	18	4	21	50

2.1.2 Загальна характеристика прийнятого типу фундаментів

У даному проекті для сприйняття навантажень від будівлі прийнято фундаменти мілкового закладення, що зводяться у відкритому котловані. Такий тип фундаментів передбачає безпосередню передачу зусиль від надземних конструкцій на ґрунтову основу через підшва фундаменту. Саме підшва є основним елементом,

який сприймає реакцію ґрунту та забезпечує рівномірний розподіл навантаження. Розробка котловану виконується механізованим способом. Обрана технологія є доцільною за наявності відносно сприятливих інженерно-геологічних умов. Будівля виконується з металу, підвальні приміщення відсутні.

Об'ємно-конструктивне рішення фундаментів

За конструктивною схемою прийнято використання окремих стоячих монолітних фундаментів мілкового закладення. Такі фундаменти влаштовуються під колонами каркаса будівлі. Подібне рішення дозволяє раціонально передавати зосереджені навантаження на основу. Конфігурація фундаменту ступінчаста, що дає можливість поступово передавати навантаження на ґрунт і зменшувати напруження в основі.

Особливості роботи фундаменту в розрахунковій схемі

- Запроєктовані фундаменти належать до жорстких фундаментних систем.
- Деформації згину плитної частини під дією реакції ґрунту є незначними.
- При розрахунках реакцію ґрунтової основи під підошвою приймають рівномірно або лінійно розподіленою.

Основні положення проєктування основ і фундаментів

- Аналіз вихідної інформації (навантаження, інженерно-геологічні умови, конструктивна схема будівлі).
- Розрахунок ґрунтової основи з використанням нормативних навантажень.
- Розрахунок конструкції фундаментів із застосуванням коефіцієнтів надійності.

Послідовність проєктування фундаментів мілкового закладення

1. Призначення глибини закладення з урахуванням інженерно-геологічних умов і рівня промерзання.
2. Визначення необхідних розмірів підошви фундаменту.

3. Перевірка допустимих напружень під підшовою, включаючи середні та крайові значення.
4. Оцінка осідань і деформацій основи.

Конструктивні елементи монолітного фундаменту під колону Монолітний залізобетонний фундамент під колону є цілісною конструкцією. Основні елементи фундаменту:

- Плитна частина - нижній розширений елемент для розподілу навантаження на ґрунт.
- Підшва - опорна площина з розмірами, визначеними розрахунком.
- З металевими колонами тіло фундаменту з'єднується за допомогою анкерних болтів, які закладаються в підколонник.
- Глибина закладення - відстань від поверхні планування до підшви фундаменту.
- Ступені фундаменту - уступи з заданою висотою та виносом.

2.1.3 Класифікаційні показники ґрунтів

Обчислення класифікаційних показників виконуємо за формулами:

$$\text{Коефіцієнт пористості: } e = \frac{\rho_s \cdot (1 + W)}{\rho} - 1 \quad (2.1)$$

$$\text{Ступінь вологості: } S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (2.2)$$

$$\text{Число пластичності: } I_p = W_l - W_p \quad (2.3)$$

$$\text{Показник текучості: } I_l = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (2.4)$$

Для піщаних ґрунтів визначаємо наступні показники:

Коефіцієнт пористості:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_{II}} \times (1 + w) - 1$$

$$1 \text{ шар } e = \frac{2,67}{2,03} \times (1 + 0,25) - 1 = 0,64$$

$$2 \text{ шар } e = \frac{2,69}{1,96} \times (1 + 0,26) - 1 = 0,73$$

$$3 \text{ шар } e = \frac{2,65}{2} \times (1 + 0,30) - 1 = 0,72$$

Ступінь вологості:

$$S_r = \frac{w \times \rho_s}{e \times \rho_w} \quad (2.2)$$

$$1 \text{ шар } S_r = \frac{0,25 \times 2,67}{0,64 \times 1} = 1,04$$

$$2 \text{ шар } S_r = \frac{0,26 \times 2,69}{0,73 \times 1} = 0,96$$

$$3 \text{ шар } S_r = \frac{0,30 \times 2,65}{0,72 \times 1} = 1,10$$

Таблиця 2.3 - Класифікаційні показники ґрунтів

№ шару	e	S_r	I_p	I_L	Характеристика ґрунтів
1	0,64	1,03			Пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою
2	0,73	0,96	—	—	Пісок дрібний, середньої щільності, насичений водою
3	0,72	1,1	—	—	Супісок, насичений водою
4	—	—	0,09	0,11	Суглинок, п'якопластичний
5	—	—	0,2	0,1	Глина, напівтверда

Висновок:

Рівень планування (середня відмітка гирла свердловин): $(190 + 190,75 + 190 + 190,75) / 4 = 190,38$ м.

Всі шари підходять до природної основи.

Глибина закладення фундаменту:

1. З інженерно-геологічних умов перший шар - пісок середньої крупності, середньої щільності, можна використовувати як надійну природну основу.
2. З умови промерзання для м. Вінниця нормативна глибина промерзання становить близько 0,9 - 1,0 м.
3. З конструктивних особливостей: згідно з методичними рекомендаціями, мінімальна глибина закладання сталевих металевих колон приймається від 1,15 до 2,8 м. З огляду на всі чинники, приймаємо глибину закладення фундаменту $d = 1,5$ м.

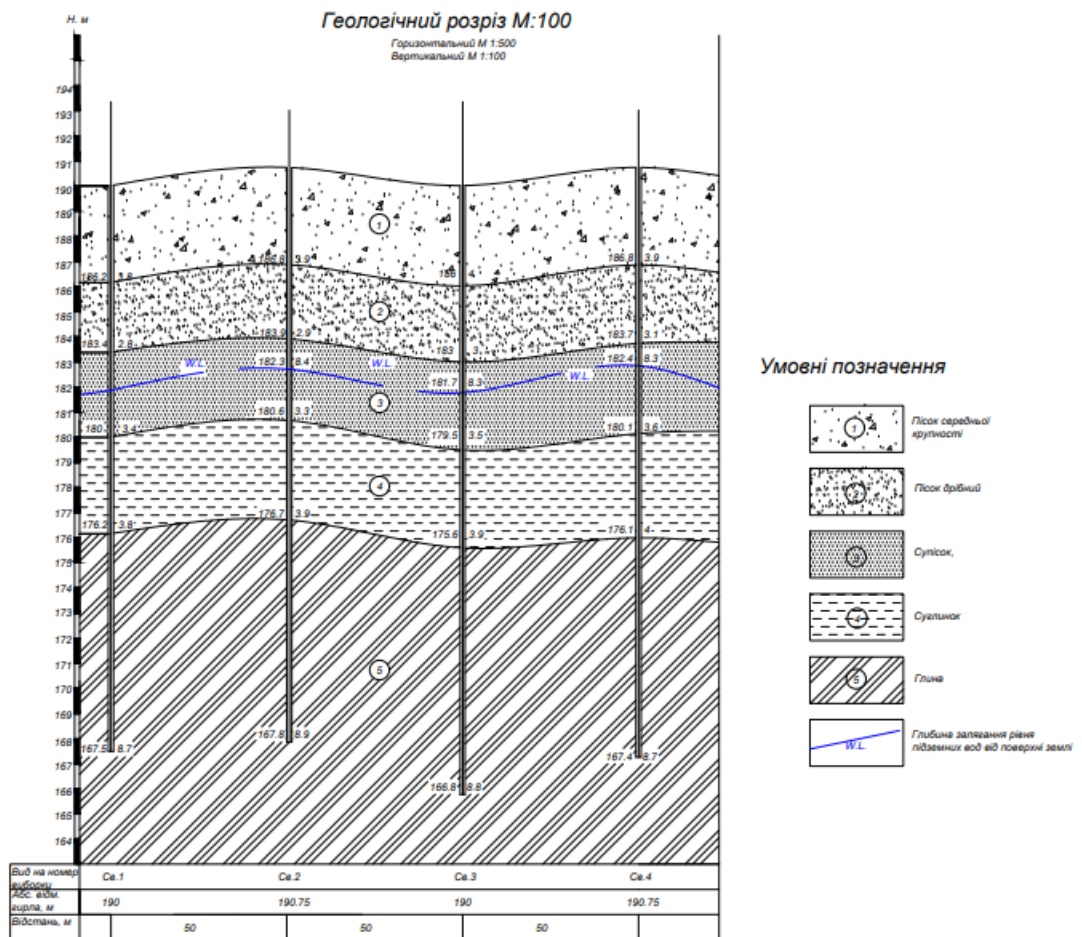


Рисунок 2.1 - Геологічний розріз

2.1.4 Збір навантажень

Для розрахунку прийнято схему будівлі з металевим каркасом. Навантаження збираються на один фундамент колони середнього ряду.

Таблиця 2.4 - Навантаження на 1м² плити від покриття

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження Н/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження Н/м ²
1. Постійне:			
1.1 Гідроізоляція - ПВХ мембрана	20	1,2	24
1.2 Теплоізоляційна плита	225	1,2	270
1.3 Пароізоляційна плівка	10	1,2	12
1.4 Профнастил 75мм	100	1,05	105
1.5 Сталеві прогони та в'язі	250	1,05	262,5
Всього постійне:	$g^n = 605$		$g^o = 673,5$
2. Змінне:			
2.1 Снігове для м. Вінниця	1360 .,00	1,14	1550,4
Всього тимчасове:	$S^n = 1360$		$S^o = 1550,4$
Всього постійне та змінне:	1965		2223,9

Примітка:

Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням прийнятий за таблицею 5.1 ДБН В.1.2-2-2006 «Навантаження і впливи». [2]

Таблиця 2.5 - Навантаження на 1м² плити перекриття типового поверху

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження Н/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження Н/м ²
1. Постійне:			
1.1 Покриття – керамограніт	280	1,2	336
1.2. Прошарок та заповнення швів - клеюча суміш	36	1,2	43
1.3 Стяжка - цем.-пісч. розчин М150	760 3750	1,3 1,1	988 4125
1.4 Монолітна плита перекриття	450	1,05	472,5
1.5 Металеві прогони			
Всього постійне:	$g^n = 5276$		$g^o = 5964,5$
2. Змінне:			
2.1 Навантаження для комерції	4000	1,2	4800
Всього тимчасове:	$S^n = 4000$		$S^o = 4800$
Всього постійне та змінне:	9276		10764,5

Примітка:

Коефіцієнти надійності за навантаженням для тимчасового навантаження прийняті згідно з п.6.7 ДБН В.1.2-2-2006 «Навантаження і впливи». [2]

Для визначення геометричних розмірів підшви фундаменту та проведення подальших розрахунків за першою та другою групами граничних станів, необхідно виконати повний збір навантажень, що діють на обріз фундаменту найбільш навантаженої колони середнього ряду.

Вантажна площа для колони середнього ряду визначається виходячи з кроку колон 6,0 м та 5,1 м:

$$A = 6 \times 5,1 = 30,6 \text{ м}^2$$

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», розрахункове навантаження на покрівлю складається з постійної ваги конструктивних шарів та змінного снігового навантаження. Граничне розрахункове снігове навантаження на

покриття становить, відповідно, 1,55 кН/м² (1,36х1,14). Тому повне розрахункове навантаження на покриття при розрахунку за граничним значенням становить:

$$0,67 + 1,55 = 2,22 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Розрахункова вага металевої колони (орієнтовно для висоти каркаса з урахуванням коефіцієнта надійності 10,5 кН)

Повне розрахункове навантаження на рівні обрізу фундаменту (g) обчислюється шляхом підсумовування всіх вертикальних сил. Додатково вводиться коефіцієнт надійності за призначенням будівлі :

$$g = ((2,22 + 10,76 \times 2) \times 30,6 + 10,5) \times 0,95 = 700,1 \text{ кН.} \quad (2.5)$$

РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТУ ПІД КОЛОНУ СЕРЕДНЬОГО РЯДУ

2. Згідно зі збором навантажень розрахункове навантаження на обрізі фундаменту становить 700,1 кН. Глибина закладення дорівнює 1,5 м. Навантаження на підлогу приймаємо 20 кН/м². Осереднене значення питомої ваги матеріалу фундаменту та ґрунту на його уступах дорівнює 20 кН/м³.

Для піщаного несучого шару першої категорії за таблицею Б.1 приймаємо початковий розрахунковий опір 500 кПа.

Ширина підшви фундаменту b_0 :

$$b_0 = \sqrt{\frac{N \times 1000}{\eta \times (R_0 - \gamma_{mt} \times d - q)}} = \sqrt{\frac{700,1}{1 \times (500 - 20 \times 1,5 - 20)}} = 1,25 \text{ м} \quad (2.6)$$

Розміри підшви фундаменту призначаються кратними 100 мм. Приймаємо ширину підшви 1,4 м. Оскільки фундамент квадратний, довжина підшви також дорівнює 1,4 м. Площа підшви становить 1,96 м².

3. Визначаємо розрахунковий опір R_1 за формулою (2), кПа:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} \times [M_\gamma \times k_z \times b \times \gamma_{II} + M_q \times d_1 \times \gamma'_{II} + (M_q - 1) \times d_b \times \gamma''_{II} + M_c \times c_{II}] \quad (2.7)$$

$$\gamma_{c1} = 1,4 \quad \gamma_{c2} = 1,2 \quad k = k_z = 1 \quad d_b = 0 \quad c_{II} =$$

1 кПа

$$\text{Для } \varphi_2 = 33 \quad M_\gamma = 1,44 \quad M_q = 6,76 \quad M_c = 8,88$$

$$\gamma_{II} = 20,3 \text{ кН/м}^3$$

$$\gamma_{II}^I = 20,3 \text{ кН/м}^3$$

$$R_1 = \frac{1,4 \times 1,2}{1} \times [1,44 \times 1 \times 1,4 \times 20,3 + 6,76 \times 1,5 \times 20,3 + 8,88 \times 1] \\ = 429,5 \text{ кН/м}^2$$

4. Уточнюємо ширину підосви фундаменту b_1 :

$$b_1 = \sqrt{\frac{700,1}{1 \times (429,5 - 20 \times 1,5 - 20)}} = 1,35 = 1,4 \text{ м}$$

5. Уточнюємо розрахунковий опір R_2 за формулою (2), кПа:

$$R_2 = \frac{1,4 \times 1,2}{1} \times [1,44 \times 1 \times 1,36 \times 20,3 + 6,76 \times 1,5 \times 20,3 + 8,88 \times 1] \\ = 427,5 \text{ кН/м}^2$$

6. Уточнюємо ширину підосви фундаменту b_2 :

$$b_2 = \sqrt{\frac{700,1}{1 \times (427,5 - 20 \times 1,5 - 20)}} = 1,36 = 1,4 \text{ м}$$

7. Знаходимо розбіжність b_1 та b_2 :

$$\frac{b_2 - b_1}{b_2} \times 100\% = \frac{1,4 - 1,4}{1,4} \times 100\% = 0\% \quad (2.8)$$

Приймаємо $b = 1,4 \text{ м}$, $l = 1,4 \text{ м}$

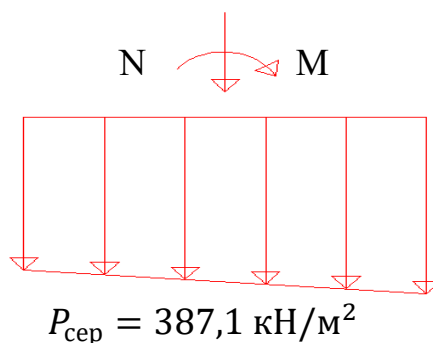
Перевірка крайових напружень

$$P_{\text{сер}} = \frac{N}{b \times l} + \gamma_{mt} \times d < R \quad (2.9)$$

$$P_{\text{сер}} = \frac{700,1}{1,4 \times 1,4} + 20 \times 1,5 = 387,1 \text{ кН/м}^2 < 429,5 \text{ кН/м}^2$$

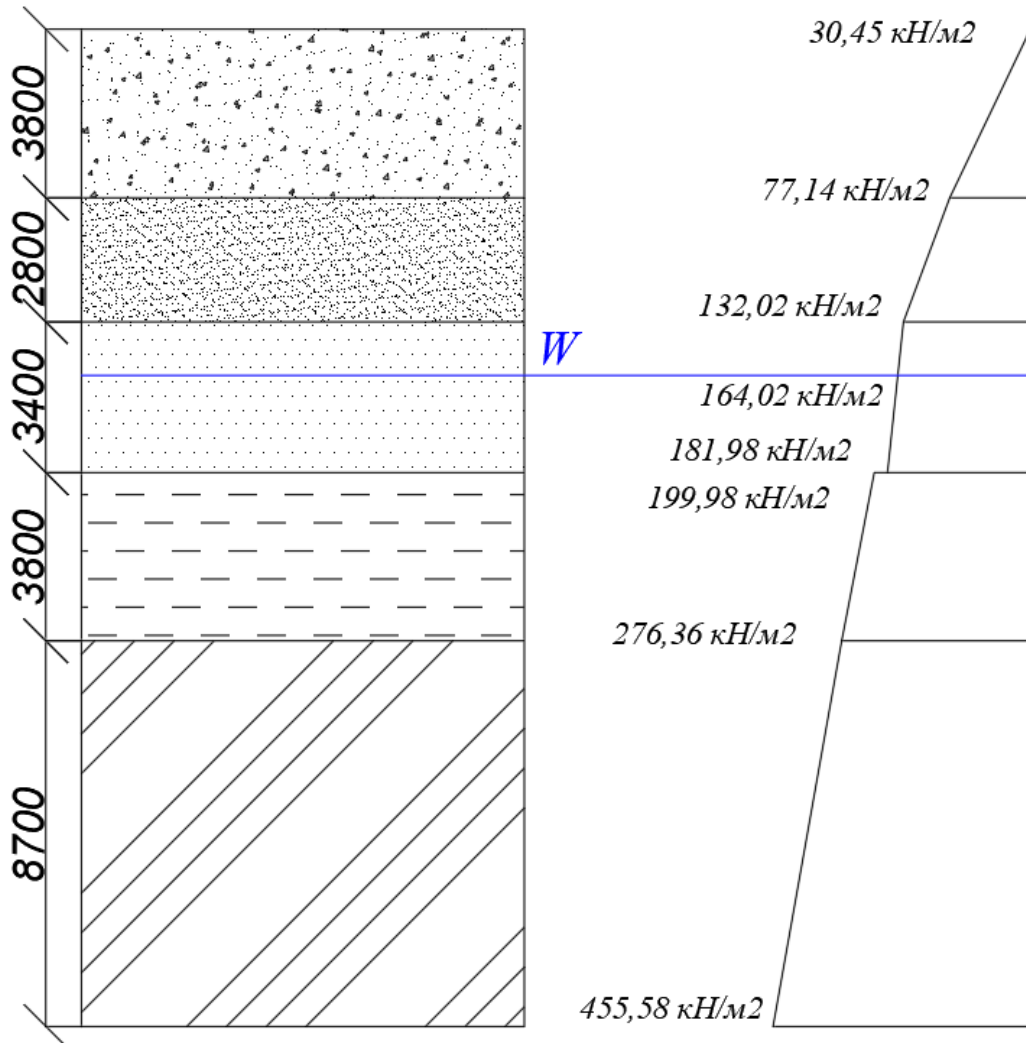
Умови дотримуються.

Приймаємо $b = 1,4 \text{ м}$, $l = 1,4 \text{ м}$, $d = 1,5$.



Напруження від власної ваги ґрунту

Рисунок 2.2 - Епюра напружень від власної ваги



$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (2.10)$$

$$\sigma_{zg,1} = 2,03 \times 10 \times 3,8 = 77,14 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,2} = 2,03 \times 10 \times 3,8 + 1,96 \times 10 \times 2,8 = 132,02 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,3} = 132,02 + 2 \times 10 \times 1,6 = 164,02 \text{ κH/м}^2$$

$$\gamma_{sb3} = \frac{26,6 - 10}{1 + 0,663} = 9,98 \frac{\text{κH}}{\text{м}^2} \quad (2.11)$$

$$\sigma_{zg,3'} = 164,02 + 9,98 \times 1,8 = 181,98 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,3''} = 181,98 + 10 \times 1,8 = 199,98 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,4} = 199,98 + 2,01 \times 10 \times 3,8 = 276,36 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,5} = 276,36 + 2,06 \times 10 \times 8,7 = 455,58 \text{ κH/м}^2$$

$$\sigma_{zg,0} = 1,5 * 2,03 * 10 = 30,45 \text{ κH/м}^2$$

2.1.5 Визначення осідання фундаменту методом пошарового підсумовування.

$$b = 1,4 \text{ м}, l = 1,4 \text{ м}, d = 1,5 \text{ м}.$$

Умовою прийнятності даного методу є дотримання вимоги: середній тиск під подошвою фундаменту p_{cp} не повинен перевищувати розрахункового опору R .

1.

$$p = \frac{N}{b \times l} + \gamma_{fm} \times d + q = \frac{700,1}{1,4 \times 1,4} + 20 \times 1,5 + 20 = 407,13 \text{ (кПа)} \leq 429,5 \text{ кПа} \quad (2.12)$$

2 Визначаємо напругу від власної ваги ґрунту на рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{zg,0} = 1,5 \times 2,03 \times 10 = 30,45 \text{ кН/м}^2$$

3 Ґрунтову товщу під фундаментом ділимо на елементарні шари товщиною h , але не більше 1 м: $h \leq 0,4b = 0,56 \text{ м}$.

4 Відстань від подошви фундаменту до кожного з елементарних шарів $z_i = n \cdot h$, де $n = 1, 2, 3$ і т.д.

5. Будуємо епюру вертикальних напружень від власної ваги ґрунту

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i$$

де γ_i – питома вага i -ого шару ґрунту, h_i – потужність i -ого шару ґрунту.

6 Будуємо епюру додаткових напруг від зовнішнього навантаження на глибині z , де p – середній тиск під подошвою фундаменту, α – коефіцієнт загасання напруг в залежності від відносної глибини $\zeta = \frac{2 \cdot z}{b}$ і співвідношення сторін фундаменту $\eta = l/b$. Коефіцієнт α визначається за таблицею Д.1, стр. 70 ДБН В.2.1-10-2018 або табл. Б.6, дод. Б. Якщо необхідно, то коефіцієнт α визначаємо з урахуванням інтерполяції між значеннями для η_1 і η_2 . [3]

7 Нижню межу стисливої товщі основи приймаємо на глибині $z = H_c$, де виконується умова $\sigma_{zp} = k \sigma_{zg}$, где $k = 0,2$, $\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i$. (2.13)

8 Будуємо епюру вертикальних напружень від власної ваги ґрунту, знятого в котловані до рівня подошви фундаменту, на глибині z : $\sigma_{zy} = \alpha_k \cdot \sigma'_{zg,0}$, де α_k знаходиться за таблицею Б.6 і залежить від співвідношень $\zeta = \frac{2 \cdot z}{B_k}$ та $\eta = l/b$, де B_k – ширина котловану;

$\sigma'_{zg,0}$ – вертикальне напруження від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану на рівні підшви фундаменту і рівне $\sigma'_{zg,0} = \gamma_{gp} \cdot d_n$, де d_n – глибина закладення фундаменту щодо рівня природного рельєфу.

9 Визначаємо загальну осадку як суму осадок окремих елементарних шарів за формулою, м:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z\gamma,i} \cdot h_i}{E_{e,i}}, \quad (2.14)$$

де β – безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,8;

E_i – модуль деформації і-го шару ґрунту за гілкою первинного завантаження, кПа,

$E_{e,i}$ – модуль деформації і-го шару ґрунту за гілкою вторинного завантаження (модуль пружності), у разі відсутності даних можна прийняти $E_{e,i} = 5E_i$, кПа;

$$\sigma_{zp,i} = \frac{\sigma_{zi} + \sigma_{z,i+1}}{2}, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \frac{\sigma_{\gamma i} + \sigma_{\gamma,i+1}}{2}; \quad (2.15)$$

$h_i = h$ – товщина елементарного шару, м;

n – кількість шарів в межах стисливої товщі H_c .

Увага!

1 При розрахунках осідання фундаментів, що зводяться в котлованах глибиною менше 5 м, не враховується другий додатак у формулі осадки.

2 Якщо середній тиск під підшвою фундаменту $p \leq \sigma_{zg,0}$, то осадку фундаменту визначаємо за формулою, м

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_{e,i}}. \quad (2.16)$$

3.4.9 Порівнюємо отриману осадку з гранично допустимою за нормами, яка у даному разі складає 10 см:

$$S \leq S_u.$$

Обчислення зручніше вести в табличній формі, наведеній в таблиці

Таблиця 2.6 - Розрахунок осадки фундаментів

№ слоя	H	Z, м	$\zeta = \frac{2 \cdot z}{b}$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p$ кПа	$\sigma_{zp,cp}$	$\zeta_k = \frac{2 \cdot z}{B_k}$	α_k	$\sigma_{zr} = \alpha_k \cdot \sigma'_{zg}$ кПа	$\sigma_{zr,cp}$	E_i , кПа	$0,8 \cdot \frac{(\sigma_{zp,i,cp} - \sigma_{zr,i,0cp}) \cdot h_i}{E_i}$	$S_i, м$
					407,13				30,45				
1	0,56	0,56	0,8	0,848	364,21	396,85	0,4	0,848	25,82	28,13	30000	0,00589	
2	0,56	1,12	1,6	0,532	228,49	296,35	0,8	0,532	16,19	21	30000	0,00440	
3	0,56	1,68	2,4	0,325	139,58	184,03	1,2	0,325	9,89	13,04	30000	0,00273	
4	0,56	2,24	3,2	0,21	90,19	114,88	1,6	0,210	6,39	8,14	18000	0,00284	
5	0,56	2,8	4	0,145	62,27	76,23	2	0,145	4,41	5,4	18000	0,00188	
												$\sum S = 0,01774 м$	

2.1.6 Конструювання фундаменту

Дано: $l_c = 100$ мм; $b = 1400$ мм; $b_c = 100$ мм; $l = 1400$ мм; $d = 1500$

мм.

$$l_{cf} = l_c + 75 \times 2 + 175 \times 2 = 100 + 150 + 350 = 600 \text{ мм.} \quad (2.17)$$

$$b_{cf} = b_c + 75 \times 2 + 175 \times 2 = 100 + 150 + 350 = 600 \text{ мм.} \quad (2.18)$$

Приймаємо $l_{cf} = 600$ мм, $b_{cf} = 600$ мм.

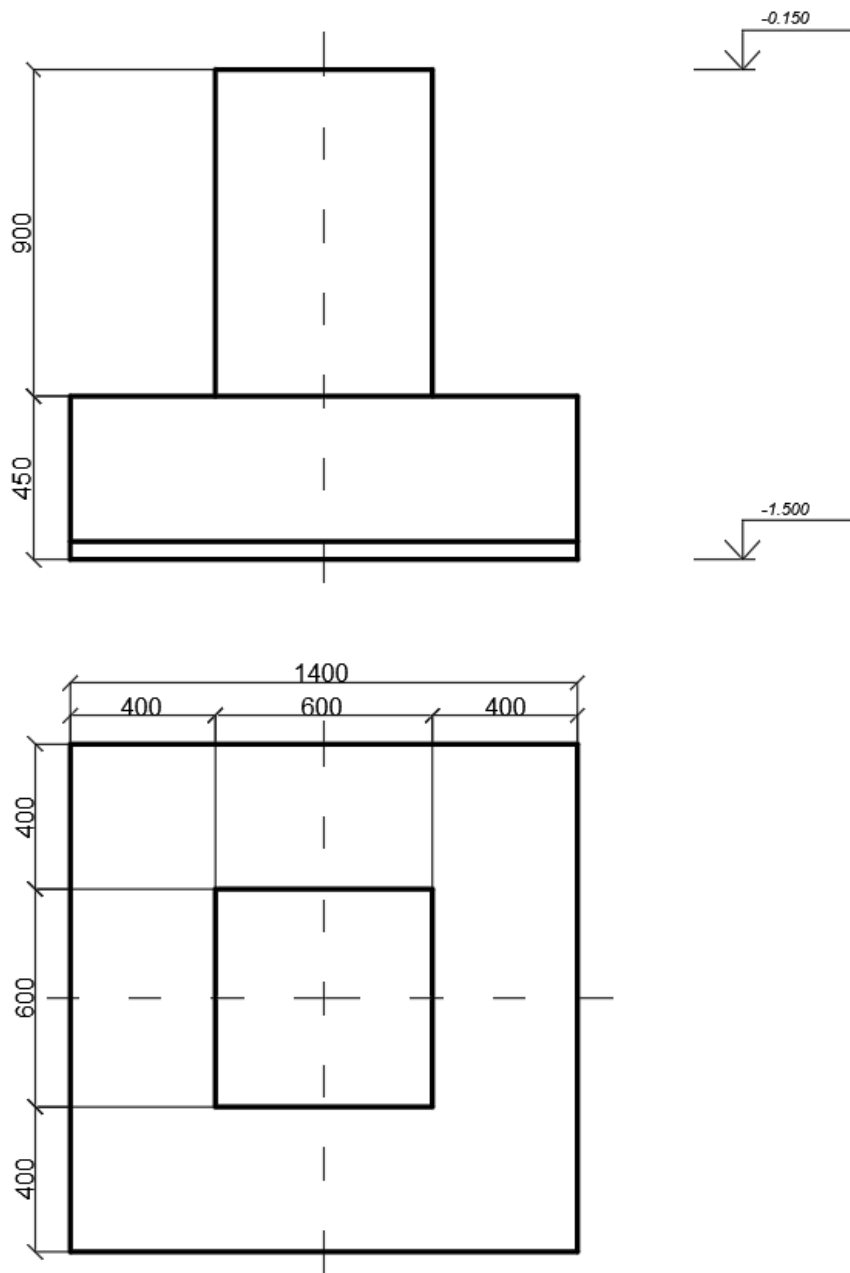


Рисунок 2.3 - Конструктивна схема фундаменту

2.1.7 Розрахунок фундаменту на продавлювання

Продавлююча сила дорівнює:

$$F_{\text{пр}} = A_n \times p'_{\text{max}} \quad (2.19)$$

де N^p , M^p – розрахункові значення поздовжньої сили і моменту відповідно.

$$U_{m1} = b_1 + h_{01} = 0,6 + 0,4 = 1,00 \text{ м} \quad (2.20)$$

Площа, з якої збирається навантаження для визначення сили продавлювання (площа продавлювання), м^2 :

$$A_1 = 2 \times 0,4 \times \frac{(1,4 - 0,6 - 0,4)}{2} = 0,16 \quad (2.21)$$

Порівнюємо:

$$A_1 p'_{\text{max}} = 0,16 \times 378,1 = 61,49 \leq f_{ctd} U_{m1} h_{01} = 1150 \times 1 \times 0,4 = 460 \text{ кН}$$

Тут c_1 – консольний виліт фундаментної плити з боку l; c'_1 – консольний виліт фундаментної плити з боку b.

Умову виконано.

2.1.8 Армування фундаменту

Армування всього фундаменту і його окремих частин проводиться згідно з вимогами ДБН В.2.6-98:2009. [4]

Армування здійснюється за результатами розрахунку нормальних перетинів на дію згинального моменту в такий спосіб:

$$M_{I-I} = \frac{p_{c1} b \times c_1^2}{2} = \frac{387,1 \times 1,4 \times 0,4^2}{2} = 43,36 \text{ кНм} \quad (2.22)$$

Перетин робочої арматури на всю ширину фундаменту обчислюють наступним чином:

$$A_{s1} = \frac{M_{I-I}}{0,9 h_{01} f_{yd}} = \frac{43,36}{0,9 \times 0,4 \times 385000} = 0,0003128 \text{ м}^2 = 312,8 \text{ мм}^2 \quad (2.23)$$

где $f_{yd} = 385 \text{ МПа}$ – розрахункова міцність арматури на межі плинності.

Приймаємо максимальну площу арматури.

Необхідна кількість стрижнів:

$$n = \frac{(b - 0,1)}{s} + 1 = \frac{(1,4 - 0,1)}{0,2} + 1 = 7,5 = 8 \text{ шт} \quad (2.24)$$

Остаточно приймаємо 8 Ø12 А400С ($A_{s1} = 904 \text{ мм}^2$)

2.2 Розрахунок надземної частини

2.2.1 Підбір класу міцності сталі для ферми

Підбір марки сталі для елементів кроквяної ферми виконується згідно з вимогами ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції" з огляду на групу конструкції та кліматичні умови району будівництва. [5]

Умови експлуатації та клас відповідальності:

Будівля автосалону у м. Вінниця відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1. Розрахункова температура зовнішнього повітря (найбільш холодної п'ятиденки) для м. Вінниця становить $-22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначення групи конструкції:

Згідно з Додатком В (таблиця В.1) ДБН В.2.6-198:2014, елементи кроквяних ферм покриття (що працюють на статичне навантаження) відносяться до групи 2 (зварні конструкції, що працюють на статичне навантаження при наявності розтягуючих напружень). [5]

Обґрунтування вибору марки сталі:

Відповідно до Додатка Г (таблиця Г.1) ДБН В.2.6-198:2014, для конструкцій 2-ї групи при розрахункових температурах експлуатації не нижче $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ допускається використання сталей з границею текучості 245 МПа. [5]

Задана марка сталі Вст3пс (вуглецева напівспокійна сталь звичайної якості) за своїм хімічним складом, механічними характеристиками та зварюваністю повністю відповідає будівельному класу міцності С245.

Механічні характеристики матеріалу:

Згідно з Додатком Г (таблиця Г.2) ДБН В.2.6-198:2014, для сталі класу С245 (еквівалент Вст3пс) при товщині прокату від 4 до 20 мм розрахунковий опір за межею текучості приймається:

$$R_y = 240 \text{ МПа (24,0 кН/см}^2\text{)}$$

Коефіцієнт надійності за матеріалом 1,025.

Висновок: Остаточо для виготовлення всіх елементів кроквяної ферми приймаємо сталь марки Вст3пс (клас міцності С245). Дана сталь має високу зварюваність, достатню ударну в'язкість для роботи при температурі -22 °С та економічно доцільна для застосування у статично навантажених каркасах класу наслідків СС1.

2.2.2 Збір навантажень

Таблиця 2.7 - Навантаження на 1м² плити від покриття

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження Н/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження Н/м ²
1. Постійне:			
2.3 Гідроізоляція - ПВХ мембрана	20	1,2	24
2.4 Теплоізоляційна плита	225	1,2	270
2.5 Пароізоляційна плівка	10	1,2	12
2.6 Профнастил 75мм	100	1,05	105
2.7 Сталеві прогони та в'язі	250	1,05	262,5
Всього постійне:	$g^n = 605$		$g^o = 673,5$

2. Змінне:			
2.1 Снігове для м. Вінниця	1360	1,14	1550,4
Всього тимчасове:	$S^n = 1360$		$S^o = 1550,4$
Всього постійне та змінне:	1965		2223,9

Примітка:

Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням прийнятий за таблицею 5.1 ДБН В.1.2-2-2006 «Навантаження і впливи». [2]

Переведення одиниць виміру

Ми отримали повне розрахункове навантаження, воно становить 2223,9 Н/м². Для того, щоб працювати зі зручними числами у розрахункових програмах SCAD, Ньютони переводять у кілоНьютони

(1 кН = 1000 Н).

$$2223,9 \text{ Н/м}^2 = 2,224 \text{ кН/м}^2$$

Визначення зосередженого навантаження на рядовий вузол ферми
Ферма сприймає навантаження не всією своєю довжиною, а точково — через вузли, куди спираються прогони покрівлі. Щоб перетворити розподілене по площі навантаження (кН/м²) у точкове (кН), його треба помножити на вантажну площу одного вузла.

Вантажна ширина для рядового вузла збирається по половині панелі зліва та справа від нього (1,5 м + 1,5 м = 3 м). Крок кроквяних ферм (проліт між ними) становить 6 м. Таким чином, вантажна площа одного рядового вузла дорівнює: 3 м * 6 м = 18 м².

Розрахункове зусилля на рядовий вузол:

$$P = 2,224 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} * 18 \text{ м}^2 = 40,03 \text{ кН} \quad (2.25)$$

Навантаження на опорні вузли (місця спирання)

Внутрішні вузли ферми збирають навантаження з обох боків від себе (по половині панелі зліва та справа).

Крайні вузли, якими ферма спирається на колони, збирають навантаження лише з одного боку (тільки половину панелі). Тому вантажна

площа для крайнього вузла є вдвічі меншою, і зусилля відповідно ділиться навпіл:

$$P_{on} = 40,03/2 = 20,01 \text{ кН} \quad (2.26)$$

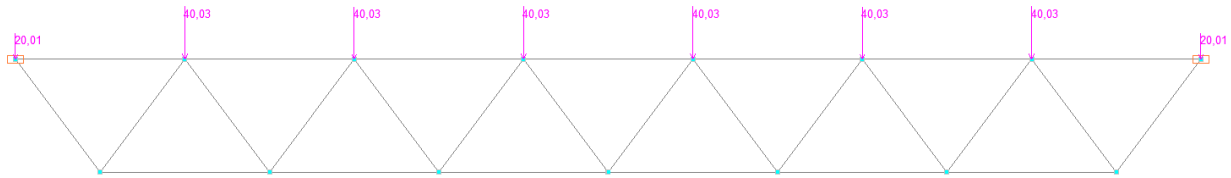


Рисунок 2.4 – Навантаження на ферму

3. Статичний розрахунок кроквяної ферми

Статичний розрахунок трикутної кроквяної ферми прольотом 21 м виконано за допомогою програмного комплексу SCAD Office. Розрахунок проведено на дію комбінації постійного та змінного (снігового) навантаження, яке було зведене до зосереджених сил у вузлах верхнього поясу.

Для проведення розрахунку та подальшого аналізу було створено модель ферми, у якій всі вузли прийняті шарнірними, а стержні моделювалися двовузловими лінійними елементами, що працюють виключно на розтяг або стиск.

Геометрична схема ферми, яка включає нумерацію вузлів та елементів, представлена на рис. 2.5 та рис.2.6

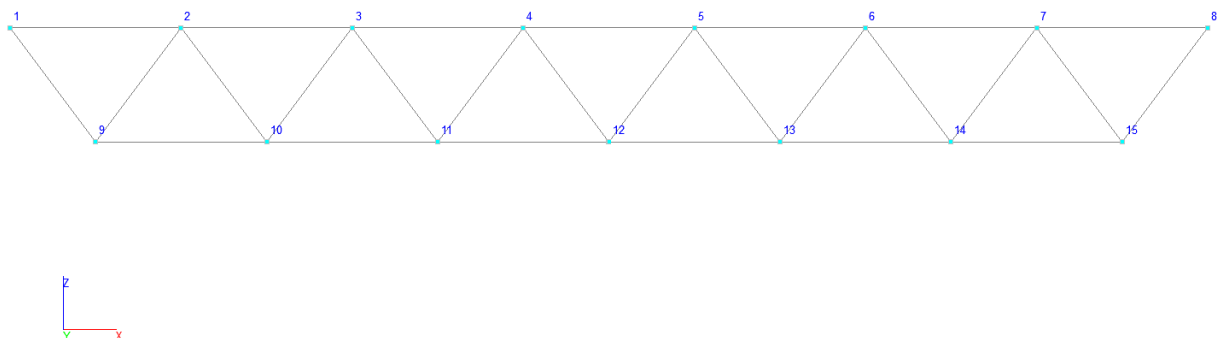


Рисунок 2.5 – Нумерація вузлів

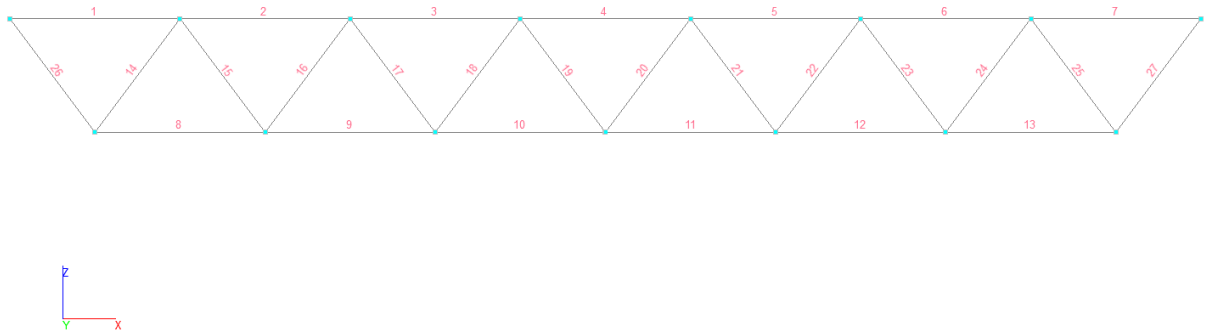


Рисунок 2.6 – Нумерація елементів

2.2.3 Навантаження на розрахункову модель

Навантаження від покрівельного "пирога" та снігового покриву передається на ферму через систему поздовжніх прогонів, які спираються безпосередньо у вузли верхнього поясу. На основі збору навантажень у програмному комплексі було сформовано наступну схему завантаження:

- На внутрішні (рядові) вузли верхнього поясу (вузли № 2, 3, 4, 5, 6, 7) прикладено зосереджену силу $P = 40,03$ кН.
- На опорні (крайні) вузли ферми (вузли № 1 та № 8) прикладено половину вузлового навантаження $P_{оп} = 20,01$ кН.

Графічне відображення схеми прикладання навантажень наведено на рис. 2.4

2.2.4 Результати обчислення внутрішніх зусиль

В результаті виконання статичного лінійного розрахунку в SCAD Office було отримано значення поздовжніх сил N у всіх елементах кроквяної ферми. Знак «мінус» відповідає роботі стержня на стиск, знак «плюс» — на розтяг.

Графічна епюра поздовжніх сил N представлена на рис. 2.7

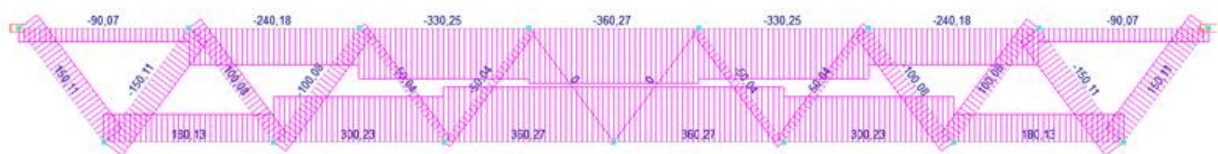


Рисунок 2.7 – Результати статичного розрахунку

Для проведення подальшого конструктивного розрахунку результати обчислень комп'ютерної моделі систематизовано у зведену таблицю зусиль у критичних панелях ферми.

Таблиця 2.8 - Зведені результати конструктивної перевірки профілів ферми

№ ел.	Комбінації		Завантаження
	N_{min} кН	N_{max} кН	1 кН
Елементи верхнього пояса			
1	-94,571	-94,571	-90,067
2	-252,189	-252,189	-240,18
3	-346,76	-346,76	-330,247
4	-378,283	-378,283	-360,27
5	-346,76	-346,76	-330,247
6	-252,189	-252,189	-240,18
7	-94,571	-94,571	-90,067
Елементи нижнього пояса			
8	189,142	189,142	180,135
9	315,236	315,236	300,225
10	378,283	378,283	360,27
11	378,283	378,283	360,27
12	315,236	315,236	300,225
13	189,142	189,142	180,135
Елементи розкосів			
14	-157,618	-157,618	-150,113
15	105,079	105,079	100,075
16	-105,079	-105,079	-100,075
17	52,539	52,539	50,037
18	-52,539	-52,539	-50,037
19	0	0	0
20	1,05e-014	1,05e-014	1,e-014
21	-52,539	-52,539	-50,038
22	52,539	52,539	50,037
23	-105,079	-105,079	-100,075
24	105,079	105,079	100,075
25	-157,618	-157,618	-150,112
Елементи опорних розкосів			
26	157,618	157,618	150,113

2.2.5 Конструктивний розрахунок елементів кроквяної ферми

Конструктивний розрахунок, підбір та перевірку несучої здатності елементів трикутної кроквяної ферми виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції". Для автоматизації процесу перевірки елементів за першою (міцність, стійкість) та другою (гранична гнучкість) групами граничних станів було використано обчислювальний модуль "Кристал" із програмного комплексу SCAD Office. [5]

Конструктивне рішення та матеріали елементів

Згідно з архітектурно-конструктивною концепцією будівлі автосалону, для виготовлення кроквяної ферми прийнято прогресивне рішення - використання гнutoзварних замкнутих квадратних профілів (квадратних труб) за стандартом EN 10219-1:2009. Використання замкнутих профілів дозволяє знизити металомісткість конструкції та покращити її естетичні й експлуатаційні характеристики. [6]

Матеріал конструкцій - вуглецева сталь звичайної якості марки ВстЗпс, що за фізико-механічними параметрами повністю відповідає будівельному класу міцності С245 відповідно до ДБН В.2.6-198:2014. [5]

За результатами оптимізаційного підбору в програмі «Кристал» для елементів ферми прийнято такі типи перерізів:

- верхній пояс ферми: квадратний гнutoзварний профіль EN 10219 140x140x6.0.

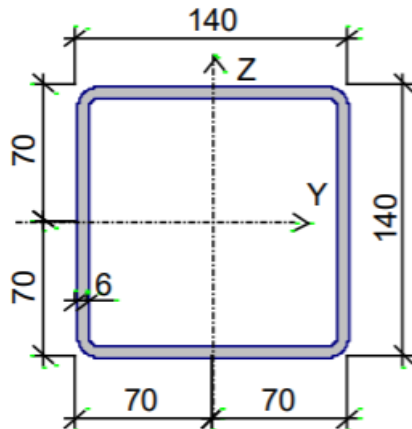


Рисунок 2.8 - Верхній пояс ферми

- нижній пояс ферми: гнutoзварний квадратний профіль EN 10219 120x120x4.0.

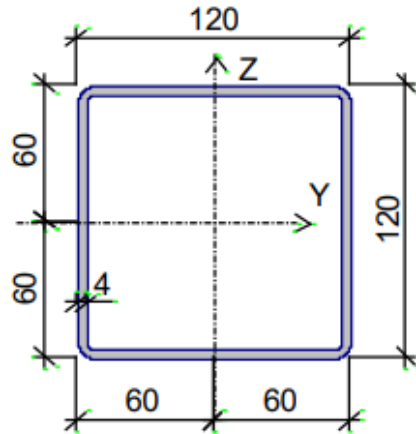


Рисунок 2.9 - Нижній пояс ферми

- опорні розкоси: гнutoзварний квадратний профіль EN 10219 80x80x4.0.

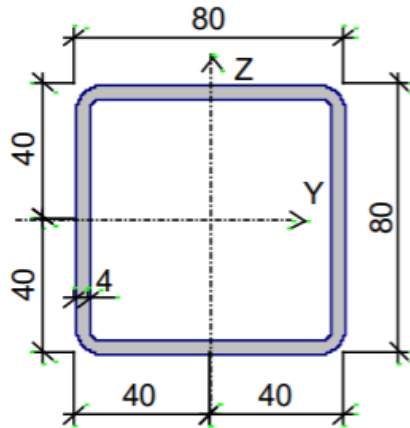


Рисунок 2.10 - Опорні розкоси ферми

- рядові розкоси та стійки: гнutoзварний квадратний профіль EN 10219 60x60x4.0.

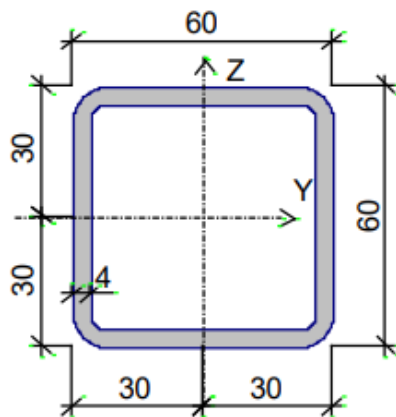


Рисунок 2.11 - Рядові розкоси та стійки

Результати перевірки елементів за нормативними критеріями.

У програмному модулі було виконано лінійну перевірку елементів ферми на дію найнесприятливіших поздовжніх розрахункових сил N , де максимальне стискаюче зусилля у верхньому поясі становить $N = -378,28$ кН, а розтягуюче в нижньому поясі $N = +378,28$ кН. Аналіз отриманих коефіцієнтів використання несучої здатності (відношення діючих напружень до гранично допустимих за ДБН) показав такі результати:

- міцність при дії поздовжніх сил (п. 8.1.1): Максимальний коефіцієнт використання міцності становить 0,972 (для нижнього пояса). Матеріал стінок профілів працює в межах пружних деформацій із достатнім інженерним запасом.

- загальна стійкість стиснутих елементів (п. 8.1.3): Перевірка стійкості елементів, що працюють на поздовжній стиск у площині та з площини ферми, показала максимальний коефіцієнт використання 0,975 (для стійкості верхнього пояса із площини ферми). Даний критерій є визначальним (найбільш навантаженим) для конструкції.

- гранична гнучкість елементів (п. 13.1.1–13.1.4, 13.4.1): Перевірка гнучкості зафіксувала максимальний коефіцієнт використання на рівні 0,909 (для верхнього пояса).

- місцева стійкість (п. 8.3.2, 9.5.1–9.5.8, 10.4.2, 10.4.5, 8.3.7): Перевірка стінок та полиць на місцеве зди曼ня під дією зосереджених та поздовжніх сил показала максимальний коефіцієнт використання 0,460.

Результати розрахункових перевірок за основними пунктами нормативного документа ДБН В.2.6-198:2014 зведені у таблицю 2.2.2. [5].

Таблиця 2.9 - Зведені результати конструктивної перевірки профілів ферми

Результати розрахунку		
Перевірено за ДБН	Перевірка	Коефіцієнт використання
п. 8.1.1	Міцність верхнього пояса	0,564
п. 8.1.3	Стійкість верхнього пояса у площині ферми	0,625
п. 8.1.3	Стійкість верхнього пояса із площини ферми	0,975
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гнучкість верхнього пояса	0,909
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки верхнього пояса з умови місцевої стійкості	0,46
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) верхнього пояса з умови місцевої стійкості	0,46
п. 8.1.1	Міцність нижнього пояса	0,972
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гнучкість нижнього пояса	0,159
п. 8.1.1	Міцність розкосів	0,627
п. 8.1.3	Стійкість розкосів у площині ферми	0,724
п. 8.1.3	Стійкість розкосів із площини ферми	0,802
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гнучкість розкосів	0,501
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки розкосів з умови місцевої стійкості	0,339
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) розкосів з умови місцевої стійкості	0,339
п. 8.1.1	Міцність опорних розкосів	0,857
пп. 13.1.1-13.1.4, 13.4.1	Гнучкість опорних розкосів	0,277

Висновок за результатами конструктивного розрахунку

За результатами автоматизованого розрахунку в модулі «Кристал» встановлено, що запроєктована конструкція кроквяної ферми із диференційованими перерізами квадратних труб (140x140x6.0 та 120x120x4.0 для поясів, 80x80x4.0 та 60x60x4.0 для решітки) задовольняє всім вимогам міцності, стійкості, місцевої стійкості та граничної гнучкості.

Загальний максимальний коефіцієнт використання конструкції становить 0,975 (за критерієм стійкості верхнього пояса із площини ферми). Оскільки максимальне значення є меншим за одиницю ($0,975 < 1,0$), але знаходиться у безпосередній близькості до границі, це свідчить про високу метало-економічність та максимальну оптимальність запроєктованого каркаса без перевитрати матеріалу.

Конструкція повністю готова до безпечної експлуатації у складі сталевих каркаса автосалону у м. Вінниця.

2.2.6 Розрахунок вузлів кроквяної ферми

Для перевірки несучої здатності зварних з'єднань (вузлів) ферми з гнutoзварних профілів використовувався спеціалізований розрахунковий модуль «Комета» програмного комплексу SCAD Office. Розрахунок вузлів виконано відповідно до нормативних вимог ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції". [5]

Матеріал усіх елементів вузлів прийнято з вуглецевої сталі класу міцності С245. Розрахунковий опір матеріалу зварних швів прийнято відповідно до нормативних вимог для даного класу сталі.

Під час комп'ютерного моделювання вузлів виконувалася комплексна перевірка за основними критеріями: міцність стінки основного елемента (пояса) на виривання та продавлювання, несуча здатність кутових зварних швів, а також міцність елементів решітки (розкосів) у зоні примикання.

За результатами розрахунку найбільш навантажених і характерних вузлів ферми отримано такі коефіцієнти використання несучої здатності: Вузол 1(рис.2.5). Розрахунок проведено на дію поздовжніх розрахункових сил у примикаючих стержнях. Для перевірки несучої здатності Опорного вузла, з розрахункової моделі було взято такі діючі поздовжні навантаження у примикаючих стержнях: $N_1 = -94,57$ кН та $N_2 = 157,62$ кН.

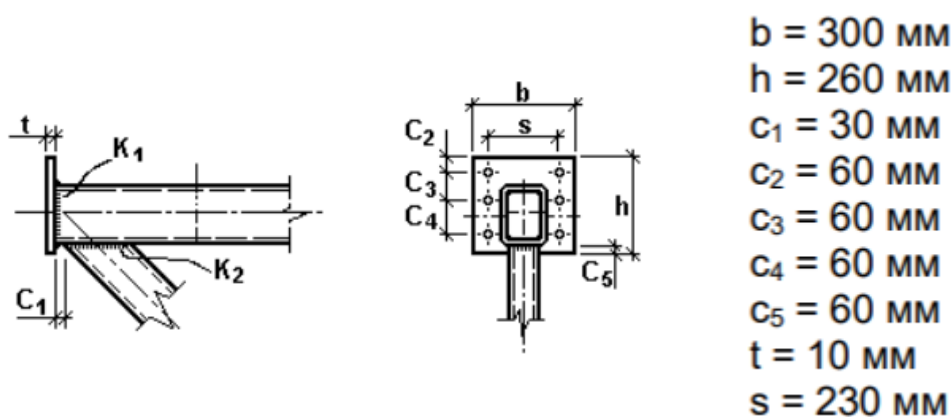


Рисунок 2.12 – Опорний вузол ферми (Вузол 1) у програмі «Комета»

Зварні шви

Шви (мм)	K ₁	K ₂
Катет	5	5

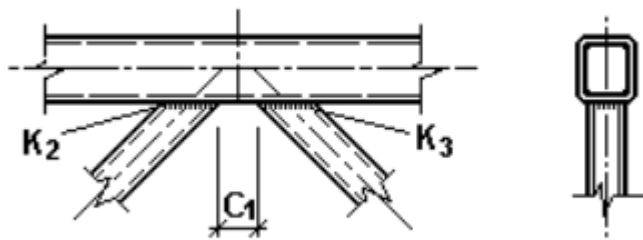
Результати розрахунку за комбінаціями завантажень

	N ₁	M ₁	N ₂	M ₂
	кН	кН*м	кН	кН*м
1	-94,57	0	157,62	0

Перевірено за ДБН	Перевірка	Коефіцієнт використання
п.1.8.1	Міцність опорного ребра на місцеве зминання	0,078
п.1.5.5.13, п.1.4.1.3, (1.4.3)	Стійкість опорного ребра	0,1
п.1.4.3.7, (1.4.27)	Місцева стійкість звисів полиць опорного ребра	0,621
п.1.12.1.16, (1.12.2), (1.12.3)	Міцність зварного з'єднання поясу з опорним ребром	0,229
п.1.12.1.16, (1.12.2), (1.12.3)	Міцність зварного з'єднання поясу з опорним розкосом	0,546
	Несуча здатність ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання)	0,663
	Несуча здатність опорного розкосу в зоні примикання до поясу	0,424
п. 10.1.1	Міцність елемента верхнього поясу ферми	0,123
п. 10.1.1	Міцність опорного розкосу, що примикає до верхнього поясу ферми	0,391

За результатами перевірки цього вузла згідно з нормами ДБН В.2.6-198:2014, найбільший коефіцієнт використання склав 0,663. Цей максимальний показник дала перевірка несучої здатності ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання). Також варто відзначити, що згідно з п. 1.4.3.7 (1.4.27) перевірка місцевої стійкості звисів полиць опорного ребра показала коефіцієнт 0,621. [5]

Вузол 2 (рис. 2.5). Розрахунок виконано для вузла примикання розкосів до верхнього поясу ферми на дію відповідної комбінації зусиль. Для Вузла верхнього поясу, з розрахункової схеми було взято наступні зусилля, які діють на елементи: N₁ = -94,57 кН, N₂ = -252,189 кН, N₃ = -157,62 кН та N₄ = 105,079 кН.



$C_1 = 20 \text{ мм}$

Рисунок 2.13 – Вузол верхнього поясу (Вузол 2) у програмі «Комета»

Зварні шви

Шви (мм)	K ₁	K ₂
Катет	5	5

Результати розрахунку за комбінаціями завантажень

	N ₁	M ₁	N ₂	M ₂	N ₃	M ₃	N ₄	M ₄
	кН	кН*м	кН	кН*м	кН	кН*м	кН	кН*м
1	-94,57	0	-252,189	0	-157,62	0	105,079	0

Перевірено за ДБН	Перевірка	Коефіцієнт використання
	Несуча здатність ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання) у місці примикання лівого розкосу	0,983
	Несуча здатність ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання) у місці примикання правого розкосу	0,546
	Несуча здатність лівого розкосу в зоні примикання до поясу	0,617
	Несуча здатність правого розкосу в зоні примикання до поясу	0,343
	Несуча здатність зварного шва у з'єднанні лівого розкосу та поясу	0,833
	Несуча здатність зварного шва у з'єднанні правого розкосу та поясу	0,555
п. 10.1.1	Міцність елемента поясу ферми лівої панелі	0,116
п. 10.1.1	Міцність елемента поясу ферми правої панелі	0,308
п. 10.1.1	Міцність розкосу ферми лівої панелі	0,391
п. 10.1.1	Міцність розкосу ферми правої панелі	0,261

Під час розрахунку за ДБН В.2.6-198:2014 саме у цьому вузлі було отримано найбільший коефіцієнт використання, який становить 0,983. Цей

найвищий показник виник за умовою перевірки несучої здатності ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання) безпосередньо у місці примикання лівого розкосу. [5]

Вузол 4 (рис.2.5). Розрахунок проміжних вузлів решітки та стійок показав високу надійність конструктивного рішення. Для проміжного Рядового вузла решітки, діючі розрахункові навантаження склали: $N_1 = -346,76$ кН та $N_2 = -378,28$ кН для елементів поясу, а також $N_3 = -52,53$ кН для розкосу.

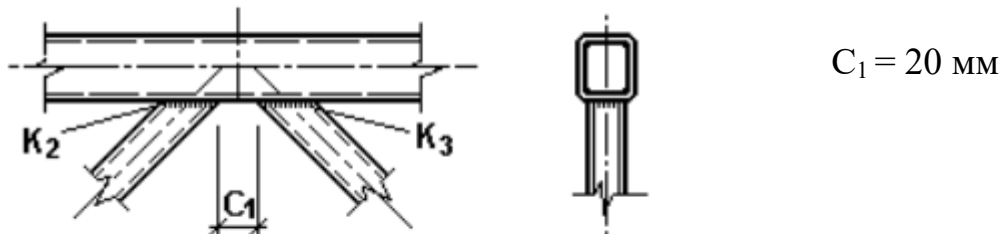


Рисунок 2.14 – Рядовий вузол решітки (Вузол 4) у програмі «Комета»

Зварні шви		
Шви (мм)	K_1	K_2
Катет	5	5

Результати розрахунку за комбінаціями завантажень

	N_1	M_1	N_2	M_2	N_3	M_3	N_4	M_4
	кН	кН*м	кН	кН*м	кН	кН*м	кН	кН*м
1	-346,76	0	-378,28	0	-52,53	0	0	0

Перевірено за ДБН	Перевірка	Коефіцієнт використання
	Несуча здатність ділянки стінки поясу на продавлювання (виривання) у місці примикання лівого розкосу	0,328
	Несуча здатність лівого розкосу в зоні примикання до поясу	0,206
	Несуча здатність зварного шва у з'єднанні лівого розкосу та поясу	0,278
п. 10.1.1	Міцність елемента поясу ферми лівої панелі	0,424
п. 10.1.1	Міцність елемента поясу ферми правої панелі	0,462
п. 10.1.1	Міцність розкосу ферми лівої панелі	0,13

Перевірка даного вузла показала, що найбільший коефіцієнт використання становить 0,462. Цей максимальний результат дала перевірка згідно з п. 10.1.1 ДБН В.2.6-198:2014 на міцність елемента поясу ферми правої панелі. [5]

Підбиваючи підсумки конструктивного розрахунку, варто зазначити, що остаточний підбір перерізів для елементів кроквяної ферми ми виконували у два етапи. Спочатку, під час лінійного розрахунку та оптимізації стержнів у модулі «Кристал», програма запропонувала диференційований підхід і видала чотири оптимальні типи профілів: для верхнього пояса — гнutoзварний квадратний профіль 140x140x6.0, для нижнього пояса — 120x120x4.0, для опорних розкосів — 80x80x4.0, а для рядових розкосів та стійок — 60x60x4.0.

Проте, коли ми перейшли до детального розрахунку безфасонкових зварних вузлів у комплексі «Комета», виявилось, що стінки початкових профілів є занадто тонкими для сприйняття локальних напружень. У зонах безпосереднього примикання розкосів до поясів виникло критичне перевищення зусиль, що створювало ризик продавлювання та виривання металу стінки. Щоб зберегти прогресивне безфасонкове рішення та уникнути наварювання додаткових сталевих пластин, ми прийняли рішення збільшити габарити перерізів.

Остаточно для виготовлення проміжних ділянок поясів ферми ми прийняли профіль 140x6.5, для опорного вузла пояса — 140x6.0, а для елементів трубчастої решітки — 90x5.0. Повторний перерозрахунок вузлів із цими оновленими профілями показав, що максимальний коефіцієнт використання тепер становить 0,983 (це значення зафіксовано у вузлі верхнього поясу за критерієм продавлювання стінки під розкосом). Оскільки цей показник не перевищує одиницю, прийняті нами остаточні перерізи успішно пройшли всі перевірки згідно з вимогами ДБН В.2.6-198:2014, і конструкція є повністю надійною для подальшої експлуатації. [5]

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Загальні рішення організації зведення об'єкта

Будівництво об'єкта має здійснюватися на основі попередньо розроблених рішень щодо організації будівництва і технології виконання робіт згідно з вимогами ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва». [7]

Сутність потокового методу будівництва полягає в гармонійному поєднанні послідовного та паралельного способів виконання робіт на багатьох ділянках. Головним принципом цього підходу є забезпечення безперервності та суворої ритмічності всього виробничого процесу. Для цього складний цикл зведення будівлі розчленовується на окремі складові частини, що дозволяє встановити між ними чіткий послідовний взаємозв'язок. Послідовне виконання однорідних операцій та паралельне виконання різнорідних дає змогу вести роботи одночасно силами бригад різних спеціальностей за попередньо розробленим суміщеним графіком. [8]

Практична реалізація методу базується на поділі об'єкта на спеціальні зони — захватки. Роботи на них виконуються бригадами або ланками робітників постійного складу. Головна перевага такої організації полягає в тому, що попередня бригада, ритмічно переміщуючись, готує фронт робіт для наступної за нею бригади, яка одразу приступає до виконання іншого виду будівельно-монтажних процесів. Безперервність та суворі черговість роботи таких бригад досягається завдяки точним інженерним розрахункам елементів потоку, оптимізації складу ланок та правильному підбору технічного оснащення.

Максимальне поєднання різних виробничих процесів у часі та повне використання доступного фронту робіт на окремих захватках є головною перевагою потокового методу. Завдяки такій науково обґрунтованій організації будівельного виробництва усуваються простої техніки та робітників, досягається висока продуктивність праці. У підсумку це призводить до значного та ефективного скорочення загальних термінів будівництва об'єкта. [1]

3.2 Земляні роботи

Комплекс земляних робіт при зведенні автосалону виконується для влаштування відкритих котлованів під монолітні ступінчасті фундаменти мілкового закладення. Зважаючи на те, що природною основою слугує пісок середньої крупності, а рівень ґрунтових вод знаходиться на значній глибині (понад 8,2 м), роботи виконуються без застосування водопониження.

Виконання земляних робіт організаційно та технологічно поділяється на наступні етапи:

3.2.1 Підготовчі роботи та зняття рослинного шару

- До початку розробки основного масиву ґрунту виконується геодезична розбивка контурів котлованів із закріпленням осей будівлі на обносці.
- Проводиться зрізання рослинного шару ґрунту за допомогою бульдозера. Зрізаний ґрунт переміщується у проміжні валки, після чого навантажується на автосамоскиди частково вивозиться та складається на спеціально відведених майданчиках для подальшого використання при благоустрої території.

3.2.2 Механізована розробка котлованів

- Розробка ґрунту під окремо стоячі фундаменти виконується механізованим способом. Для цього застосовується екскаватор зі зворотною лопатою марки ЕО-4321 (з ємністю ковша 0,65 м³).

- Проектна глибина закладення фундаментів становить 1,5 м від рівня планування. Екскаватор виконує виїмку ґрунту з навантаженням частини об'єму безпосередньо в кузови автосамоскидів (для вивезення зайвого ґрунту з майданчика), а частину ґрунту залишає у тимчасових відвалах поруч із котлованом для зворотної засипки.
- Щоб не порушити природну структуру несучого шару (піску середньої щільності), механізована розробка ведеться з недобором ґрунту на 10–15 см до проектної позначки підшви фундаменту. [9]

3.2.3 Зачищення дна котловану

- Недобір ґрунту, залишений після роботи екскаватора, розробляється виключно вручну безпосередньо перед початком робіт з влаштування бетонної підготовки.
- Це гарантує, що несуча здатність основи (з розрахунковим опором 500 кПа) не буде знижена через розпушення або замочування атмосферними опадами.

3.2.4 Зворотна засипка та ущільнення

- Після влаштування монолітних фундаментів проводиться зворотна засипка пазух котлованів.
- Засипка виконується пошарово. Для переміщення ґрунту з тимчасових відвалів до котлованів використовується бульдозер.
- Оскільки безпосередньо по ґрунту буде влаштовуватися бетонна підлога автосалону (з нормативним навантаженням 20 кН/м^2), зворотна засипка вимагає ретельного ущільнення. Ущільнення проводиться ручними вібротрамбівками або електротрамбівками з обов'язковим контролем щільності (коефіцієнта ущільнення) будівельною лабораторією для кожного шару.

3.3 Вибір монтажного крану

Основною метою цього етапу є обґрунтування вибору вантажопідіймальної техніки та монтажного оснащення, що забезпечать безпечне, безперервне та економічно доцільне виконання будівельно-монтажних робіт при зведенні металевого каркаса автосалону.

3.3.1 Розрахункові параметри монтажних кранів

Вибір крана здійснюється за трьома основними технічними параметрами: монтажною масою (Q_M), монтажною висотою (H_M) та вилітом стріли (L_M).

Подача бункера з бетоном (ємність $1,0 \text{ м}^3$)

Монтажна маса (Q_M): Обчислюється за формулою:

$$Q_M = m_e + m_{\text{стр.}} \quad (3.1)$$

Маса елемента (бункера з бетоном):

$$m_e = m_b + m_{\text{бет.}} \quad (3.2)$$

Маса бетону:

$$m_{\text{бет.}} = V \times \gamma = 1,0 \times 2200 = 2200 \text{ кг.} \quad (3.3)$$

З урахуванням маси порожнього бункера (220 кг): $m_e = 2200 + 220 = 2420 \text{ кг}$ (2,42 т).

Для підймання використовуємо строп 4СК-3,0 з масою $m_{\text{стр.}} = 0,051 \text{ т}$.

$$Q_M = 2,42 + 0,051 = 2,47 \text{ т.}$$

Монтажна висота (H_M): Обчислюється за формулою

$$H_M = h_0 + h_e + h_3 + h_{\text{стр.}} \quad (3.4)$$

де $h_0 = 0 \text{ м}$ (рівень землі, оскільки бетонування ведеться в котловані);

$h_e = 1,85 \text{ м}$ (висота бункера з бетоном);

$h_3 = 0,5 \text{ м}$ (нормативний запас по висоті);

$h_{\text{стр.}} = 3,5 \text{ м}$ (висота стропа 4СК-3,0).

$$H_M = 0 + 1,85 + 0,5 + 3,5 = 5,85 \text{ м.}$$

Монтажний виліт стріли (L_M): Визначається з умови безпечного знаходження крана за межами призми обвалення котловану.

$$L_M = b/2 + l_3 + h_k \times \tan\phi + 1 + B_{кр}/2 \quad (3.5)$$

$$L_M = 0,7 + 0,7 + 1,5 \times \tan(30^\circ) + 1,0 + 2,46 = 0,7 + 0,7 + 0,87 + 1,0 + 2,46 = 5,73 \text{ м (приймаємо робочий виліт 6,0 м).}$$

Монтаж металевої колони

Монтажна маса (Q_M): $Q_M = m_e + m_{сmp}$

де $m_e = 1,8$ т (маса металевої колони); $m_{сmp} = 0,18$ т (маса траверси для підйому колон ТР-5).

$$Q_M = 1,8 + 0,18 = 1,98 \text{ т.}$$

Монтажна висота (H_M): $H_M = h_o + h_e + h_3 + h_{сmp}$

де $h_o = 0$ м (відмітка обпирання на фундамент);

$h_e = 11,0$ м (довжина колони);

$h_3 = 0,5$ м (запас по висоті);

$h_{сmp} = 1,5$ м (висота стропування).

$$H_M = 0 + 11,0 + 0,5 + 1,5 = 13 \text{ м.}$$

Монтажний виліт стріли (L_M): Для зручності монтажу колон з однієї стоянки крана без наїзду на конструкції приймаємо необхідний виліт $L_M = 8,0$ м.

Монтаж кроквяної ферми (балки покриття)

Монтажна маса (Q_M): $Q_M = m_e + m_{сmp}$

де $m_e = 2,5$ т (маса кроквяної ферми); $m_{сmp} = 0,45$ т (маса спеціальної траверси для ферм ТР-10).

$$Q_M = 2,5 + 0,45 = 2,95 \text{ т.}$$

Монтажна висота (H_M): $H_M = h_o + h_e + h_3 + h_{сmp}$

де $h_o = 11,0$ м (відмітка обпирання ферми на консолі колон);

$h_e = 1,5$ м (висота ферми в монтажному положенні);

$h_3 = 0,5$ м (запас по висоті);

$h_{\text{стрп}} = 2,5$ м (висота стропування траверсою).

$H_M = 11,0 + 1,5 + 0,5 + 2,5 = 15,5$ м.

Монтажний виліт стріли (L_M): 3 умови подачі великогабаритної ферми в проліт будівлі приймаємо необхідний виліт $L_M = 14,0$ м.

Таблиця 3.1 – Розрахункові монтажні параметри

№	Найменування елемента, що монтується	Маса конструкції, т	Маса обладнання, т	Монтажна висота, м	Виліт стріли, м
1	Бункер з бетоном (1,0 м ³)	2,42	0,051	5,85	6,0
2	Металева колона	1,80	0,180	13,00	8,0
3	Кроквяна металева ферма	2,50	0,450	15,50	14,0

3.3.2 Вибір монтажного механізму

На основі архітектурно-планувальних рішень автосалону (висота будівлі понад 11 м, значні прольоти виставкових залів) та проведених розрахунків, для виконання комплексу робіт надземного циклу було обрано гусеничний кран СКГ-401.

Переваги використання крана СКГ-401 на даному об'єкті:

Мобільність: Кран здатний пересуватися будівельним майданчиком безпосередньо з піднятим вантажем на гаку (за умови дотримання рівності майданчика та допустимих ухилів), що є ідеальним для монтажу ряду колон та встановлення ферм.

Автономність: Незалежність від наявності електромережі (кран має власну дизель-генераторну установку) та відсутність необхідності влаштування стаціонарних підкранових колій, що економить час підготовчого періоду.

Характеристики: Стрілове обладнання крана легко модифікується (наприклад, жорстким гуськом), що дозволяє збільшити виліт стріли для подачі елементів покриття вглиб будівлі автосалону.

3.3.3 Вибір вантажозахоплювальних пристроїв та оснащення

Підбір монтажної оснастки здійснюється індивідуально для кожного типу конструктивних елементів з метою запобігання їх деформації та забезпечення безпеки працівників:

Для бетонування монолітних фундаментів (ФМ): Застосовуються інвентарні неповоротні бадді (наприклад, БП-2,0), які завантажуються безпосередньо з автобетонозмішувачів і подаються краном у котлован до місця укладання суміші. Стропування арматурних сіток (С-1, С-2) виконується чотирьохвітковими стропами (4СК).

Для монтажу металевих колон використовуються універсальні стропи (УСК) або спеціальні напівавтоматичні захвати з дистанційним розстропуванням. Останні дозволяють монтажникам звільнити гак крана, перебуваючи на землі, що значно знижує ризики висотних робіт.

Для монтажу металевих ферм застосовуються лінійні траверси (рис. 1). Використання траверс для довгомірних гнучких конструкцій (якими є ферми) запобігає виникненню небезпечних стискальних зусиль у верхніх поясах ферм під час підйому. Для точного наведення та утримання ферм від розгойдування вітром додатково застосовуються прядив'яні або капронові канати-відтяжки.

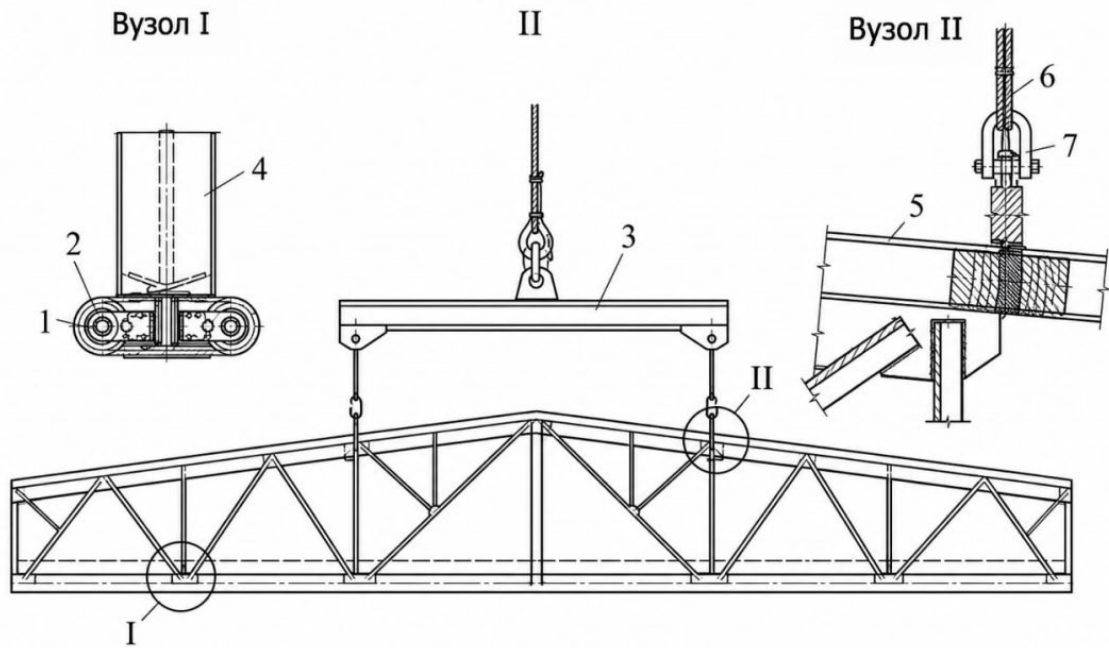


Рисунок 3.1 – Стропування металевої ферми

Для монтажу металевих прогонів застосовуються двовіткові стропи. Листи профнастилу та пакети теплоізоляції подаються в зону монтажу чотиривітковими стропами (4СК, «павук») із використанням спеціальних піддонів або траверс, які запобігають зминанню країв матеріалів (рис. 4).

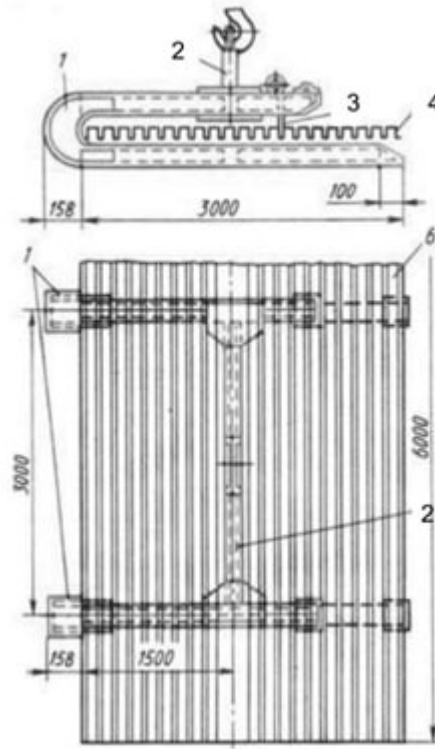


Рисунок 3.2 – Вилочний захват-підхват для профільованого настилу покрівлі.

1 – захват, 2 – траверса, 3 – запірний палець, 4 – настил

Монтаж сталевих прогонів покриття виконується паралельно з установленням кроквяних ферм для забезпечення їх просторової стійкості. Стропування металевих прогонів здійснюється за допомогою двовіткових стропів. Гусеничний кран СКГ-401 подає прогони у зону монтажу, де монтажники з безпечних засобів підмоцнування приймають їх та наводять на проєктні опорні вузли кроквяних ферм. Після точного суміщення елементи спочатку закріплюються тимчасовими монтажними болтами, а після остаточної вивірки геометричного положення надійно фіксуються за проєктом. Надійно змонтовані прогони утворюють жорстку основу для подальшого укладання сталевого профільованого настилу покрівлі.

Всі вантажозахоплювальні пристрої перед початком робіт обов'язково проходять огляд і повинні мати відповідні клейма або бірки із зазначенням вантажопідйомності та дати чергового випробування.

3.4 Влаштування надземної частини будівлі

Відповідно до розроблених технологічних схем та будівельного генерального плану, основним вантажопідіймальним механізмом для зведення несучого металевго каркаса автосалону прийнято гусеничний кран СКГ-401 (рис. 3.2, 3.3). Вибір даного крана обумовлений його високими вантажними характеристиками та мобільністю на майданчику, що дозволяє ефективно монтувати як вертикальні колони, так і великопрольотні конструкції покриття.

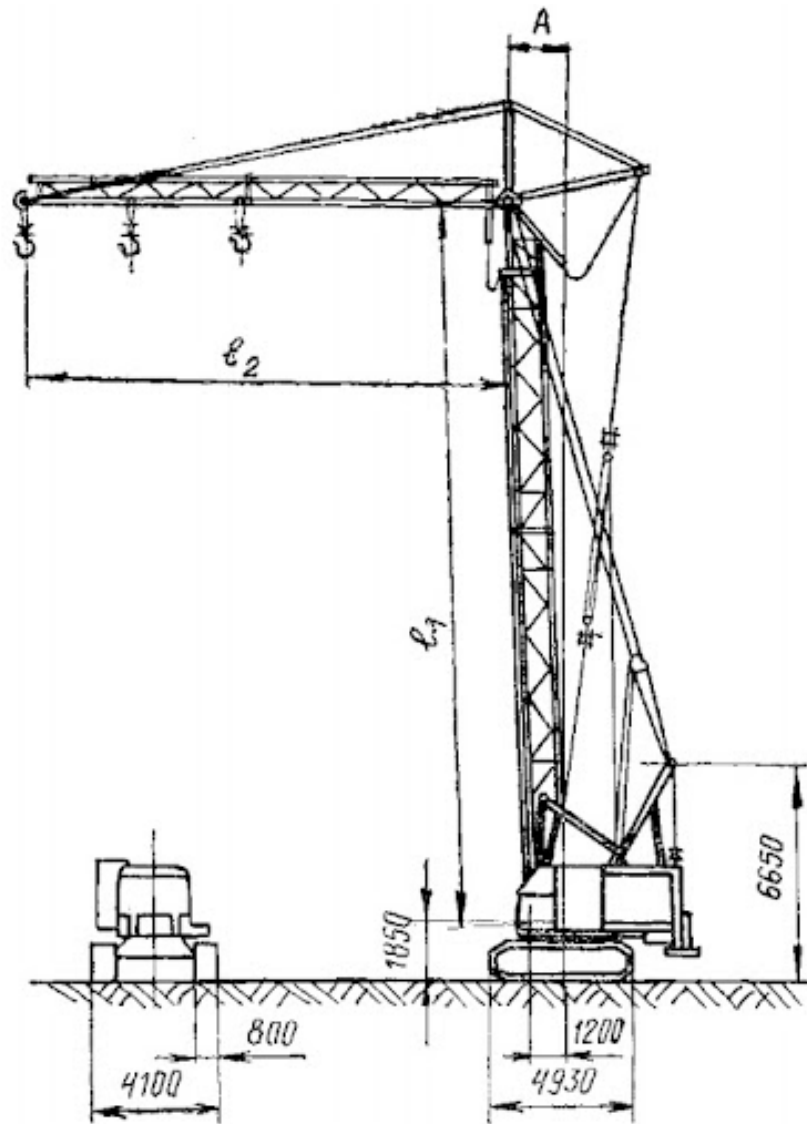


Рисунок 3.3 – Габаритні розміри гусеничного крана СКГ-401

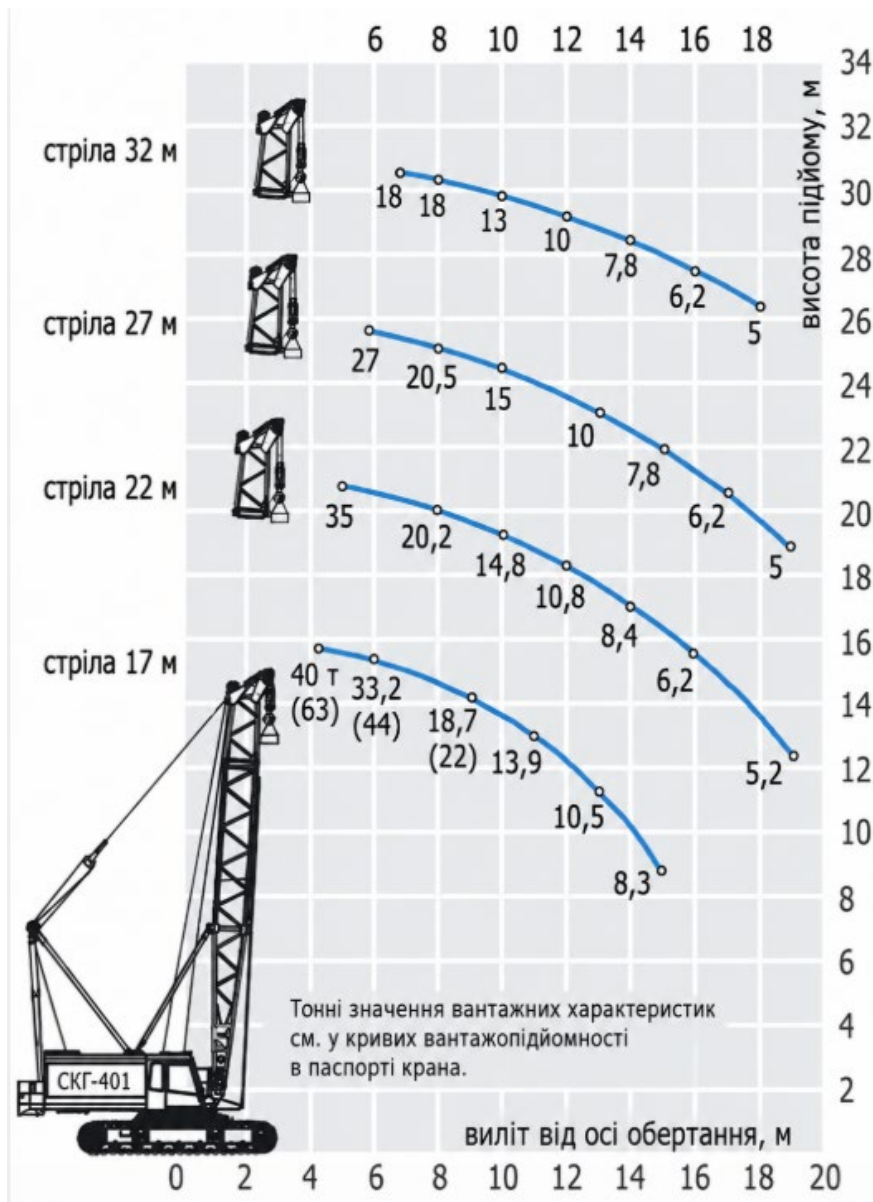


Рисунок 3.4 – Вантажні характеристики гусеничного крана СКГ-401

3.4.1 Технологія монтажу металевих колон та ферм краном СКГ-401

Монтажні роботи розпочинаються після повного завершення робіт нульового циклу. Усі операції з підйому та встановлення металевих колон виконуються гусеничним краном СКГ-401. Металеві колони стропують за верхню частину і плавно наводять на заздалегідь підготовлені анкерні болти фундаментів. Після встановлення та вивірки першої пари колон їх негайно розкріплюють вертикальними в'язями для забезпечення стійкості.

Особлива увага приділяється монтажу кроквяних металевих ферм та балок покриття. Схема приймання і установки ферми передбачає використання крана СКГ-401, стрілове обладнання якого забезпечує необхідну висоту підйому та виліт стріли для подачі елемента у проектне положення. Для безпечного підйому таких великогабаритних конструкцій, а також металевих прогонів, застосовують спеціальні схеми стропування з використанням траверс та канатів-відтяжок. Кран піднімає ферму, а монтажники за допомогою відтяжок розвертають її поперек прольоту та плавно опускають на опорні консолі колон. Для забезпечення просторової стійкості змонтованої ферми перед її розстропуванням обов'язково монтують кілька сталевих прогонів. [10]

Під час виконання всіх підймальних операцій краном СКГ-401 суворо дотримуються вказівки з техніки безпеки. На будівельному майданчику, згідно з будгенпланом, чітко розмежовані робочі зони та встановлені відповідні знаки безпеки.

3.4.2 Влаштування покрівлі

Після завершення монтажу каркаса краном СКГ-401 та закріплення металевих прогонів, розпочинається влаштування багатошарового покриття автосалону. По змонтованих прогонах виконується укладання сталевого профільованого настилу товщиною 75 мм, який надійно закріплюється та утворює жорстку основу. Далі по профнастилу розстилають шар пароізоляційної плівки. Наступним кроком є монтаж теплоізоляційних мінераловатних плит, які створюють необхідний термічний бар'єр. Завершується влаштування покрівлі укладанням фінішного гідроізоляційного килима з ПВХ мембрани, що гарантує повну водонепроникність будівлі. Контроль якості та приймання робіт здійснюється на кожному етапі влаштування покрівельного пирога.

3.5 Номенклатура і обсяги будівельно-монтажних робіт

Номенклатура робіт сформована у технологічній послідовності їх виконання: від підготовчого періоду та нульового циклу до зведення металевих каркасів і влаштування покрівлі.

Обсяги робіт визначені на основі архітектурно-планувальних рішень автосалону (габарити будівлі, площа забудови) та розрахунків монолітних ступінчастих фундаментів.

Нижче наведено зведену відомість, яка є основою для подальшого вибору кранів, розрахунку потреби у робітниках та складання календарного графіка будівництва.

Таблиця 3.2 – Номенклатура та обсяги будівельно-монтажних робіт

№ п/ п	Найменування робіт	Од. вим	Об`є м
I	Підготовчі та земляні роботи		
1	Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером (з урахуванням площ під стоянки)	1000м ²	2,80
2	Розробка ґрунту II групи в котлованах під окремо стоячі фундаменти екскаватором	100м ³	2,15
3	Доробка ґрунту на дні котловану вручну (зачищення перед влаштуванням підготовки)	1м ³	15,00
4	Зворотна засипка пазух фундаментів бульдозером	100 м ³	1,60
5	Пошарове ущільнення ґрунту електричними або пневматичними трамбівками	100 м ³	1,60
II	Влаштування монолітних фундаментів (нульовий цикл)		
6	Влаштування бетонної підготовки (товщиною 100 мм)	м ³	6,50

7	Установка інвентарної щитової опалубки ступінчастих фундаментів	1м ²	115,0
8	Установка та в'язка арматурних сіток і каркасів фундаментів (вкл. анкерні болти)	1т	1,15
9	Укладання бетонної суміші класу С12/15 у конструкції фундаментів	1м ³	45,5
10	Гідроізоляція бокових поверхонь фундаментів (обмазувальна)	100 м ²	1,10
III	Монтаж металоконструкцій каркаса (надземний цикл)		
11	Монтаж сталевих колон каркаса (з вивіркою та закріпленням на анкерних болтах)	1т	24,5
12	Монтаж кроквяних ферм та металевих балок покриття	1т	38,0
13	Монтаж вертикальних та горизонтальних в'язей жорсткості	1т	4,5
14	Монтаж металевих прогонів під покрівлю	1т	12,0
15	Антикорозійний та вогнезахисний обробіток металоконструкцій	100 м ²	14,5
IV	Покрівельні роботи		
16	Укладання сталевого профільованого настилу (товщина 75 мм)	100 м ²	15,2
17	Влаштування шару пароізоляційної плівки	100 м ²	15,2
18	Укладання теплоізоляційних плит (мінеральна вата)	100 м ²	15,2
19	Влаштування фінішної гідроізоляції з ПВХ мембрани	100 м ²	15,2

3.6 Календарний графік будівництва

Календарний графік будівництва є одним із основних організаційно-технологічних документів проєкту. Його розробляють для визначення послідовності виконання будівельно-монтажних робіт, тривалості будівництва, потреби у трудових та матеріально-технічних ресурсах, а також для забезпечення раціональної організації будівельного процесу.

При розробленні календарного графіка будівництва автосалону враховуються конструктивні особливості будівлі, технологія монтажу елементів металевого каркаса (колон, ферм, прогонів), строки твердіння монолітного бетону фундаментів, а також можливість суміщення окремих видів робіт.

Розробка календарного графіка є важливим етапом організації будівництва автосалону. Правильно складений графік забезпечує раціональну послідовність виконання робіт, ефективне використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, а також дозволяє скоротити загальну тривалість будівництва та підвищити ефективність будівельного виробництва.

3.7 Будівельний генеральний план

Будівельний генеральний план для зведення автосалону розробляється з метою раціональної організації будівельного майданчика, забезпечення безпечного виконання будівельно-монтажних робіт та ефективного використання трудових і технічних ресурсів. Будгенплан визначає розташування тимчасових споруд, зон складування матеріалів, будівельної техніки, транспортних шляхів та інженерних мереж на період будівництва. Суть будгенплану полягає у створенні оптимальних умов для виконання робіт із мінімізацією зайвих переміщень матеріалів та техніки. При його розробці враховано технологічні особливості зведення об'єкта, що поєднують механізовану розробку ґрунту екскаватором ЕО-4321, влаштування монолітних фундаментів під каркас, а також подальший

монтаж елементів металевго каркаса з використанням гусеничного крана СКГ-401. У зв'язку з цим особлива увага приділена організації зон монтажу, місць складування конструкцій та забезпеченню безпечної роботи вантажопідіймальної техніки.

На будівельному генеральному плані передбачено: розташування об'єкта будівництва; тимчасові автомобільні дороги та під'їзди; майданчики для складування елементів металевго каркаса, профільованого настилу та покрівельних ізоляційних матеріалів; місця встановлення та схеми руху гусеничного крана СКГ-401; тимчасові побутові приміщення; точки підключення тимчасового електро- та водопостачання; огороження будівельного майданчика та небезпечних зон роботи механізмів. Будгенплан забезпечує безперервність технологічного процесу, дотримання вимог охорони праці та пожежної безпеки, а також створює умови для своєчасного та якісного виконання будівництва автосалону.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому та нормативно-правовому рівнях

Під час зведення сучасної двоповерхової будівлі автосалону в місті Вінниця, архітектурна концепція якої базується на створенні відкритого виставкового простору (шоу-руму) та інтегрованого блоку технічного сервісу, питання охорони праці, промислової безпеки та безпеки життєдіяльності набувають першочергового значення. Специфіка будівельного виробництва на даному об'єкті безпосередньо пов'язана з тривалим виконанням комплексних робіт підвищеної небезпеки. До них належать: монтаж важких великогабаритних сталевих конструкцій повного каркаса (вертикальних колон, ригелів та кроквяних ферм покриття) на висоті до 11,100 метрів за допомогою автомобільних кранів, улаштування монолітного залізобетонного міжповерхового перекриття по сталевому профільованому настилу, виконання зварювальних робіт, а також монтаж самонесучих огорожувальних стін із тришарових металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм. Створення безпечних і нешкідливих умов праці є головним інженерно-організаційним завданням, оскільки воно спрямоване на повне запобігання ризикам виробничого травматизму, збереження життя, здоров'я та працездатності будівельного персоналу впродовж усього циклу зведення споруди.

Правове регулювання та регламентація всіх процесів управління безпекою праці під час спорудження автосалону базуються на суворому дотриманні чинного законодавства України. Основним нормативно-правовим актом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці», який визначає фундаментальні положення щодо реалізації конституційного права громадян на захист їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Окрім цього, правові відносини між суб'єктами будівництва

регулюються Кодексом законів про працю України, а система соціального захисту та відшкодування збитків у разі нещасних випадків спирається на Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування». Безпосереднє інженерне виконання будівельно-монтажних робіт підпорядковується вимогам ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», які встановлюють обов'язкові правила безпеки під час роботи на висоті, виконання бетонних та монтажних операцій. Також обов'язковими до виконання є вимоги НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках», що регламентують організацію робочих місць, координацію дій підрядників та забезпечення належного санітарно-побутового обслуговування працівників. [11-15]

З огляду на конструктивні особливості будівлі — зокрема, наявність сталевого каркаса, елементи якого підлягають обов'язковому покриттю інтумесцентними (вспушувальними) фарбами для забезпечення II ступеня вогнестійкості, — особлива увага на майданчику приділяється супутнім санітарним, екологічним та пожежним стандартам. Під час нанесення лакофарбових вогнезахисних покриттів, зварювання металоконструкцій та виконання гідроізоляційних робіт із використанням полімерної ПВХ-мембрани будівельники зобов'язані керуватися Правилами пожежної безпеки в Україні. Експлуатація значної кількості механізованого ручного інструменту, компресорів, автомобільних кранів та тимчасових електромереж вимагає суворого дотримання вимог електробезпеки. У свою чергу, для захисту персоналу від шкідливого впливу підвищених рівнів виробничого шуму й вібрації, що генеруються під час різання металу, ущільнення бетону та роботи спецтехніки, застосовуються Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Комплексне інтегрування цих нормативно-правових актів у систему управління

будівництвом дозволяє створити надійні умови для безпечного виконання робіт. [16,17]

Організаційно-технічне забезпечення безпеки безпосередньо на будівельному майданчику автосалону у м. Вінниця покладається на керівництво генеральної підрядної організації, яка зобов'язана впровадити та підтримувати функціонування комплексної Системи управління охороною праці (СУОП). Відповідно до нормативних вимог, наказом по підприємству призначаються інженерно-технічні працівники, відповідальні за загальний стан охорони праці, безпечне проведення окремих видів робіт, справний стан та безпечну експлуатацію будівельних машин, механізмів, технологічного оснащення, риштувань та інструменту. Оскільки на об'єкті одночасно планується залучення субпідрядних організацій (наприклад, для спеціалізованого монтажу металоконструкцій каркаса, влаштування полімерної ПВХ-мембрани покрівлі та нанесення інтумесцентних вогнезахисних фарб), генеральний підрядник спільно з ними розробляє графік виконання суміщених робіт та заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, які є обов'язковими для виконання всіма учасниками будівництва на об'єкті.

Фундаментальним елементом превентивної інженерної політики на об'єкті є обов'язкове безперервне навчання, перевірка знань та проведення інструктажів з питань охорони праці для всього задіяного персоналу згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Усі робітники перед допуском до виконання обов'язків проходять вступний інструктаж, а безпосередньо на робочому місці — первинний інструктаж. Зважаючи на високу динаміку будівельних процесів та постійну зміну робочих зон за висотою (від фундаментних робіт на глибині 1,2 м до монтажу кроквяних ферм на відмітці понад 11 метрів), повторні інструктажі для професій підвищеної небезпеки (монтажники, зварювальники,

стропальники, машиністи кранів) проводяться не рідше ніж один раз на три місяці. Будь-які специфічні операції, що виконуються за спеціальним розпорядженням і не пов'язані з прямими обов'язками за фахом, або роботи, на які оформлюється наряд-допуск (наприклад, верхолазні роботи на покрівлі автосалону чи вогневі роботи у закритих зонах сервісу), вимагають обов'язкового проведення цільового інструктажу з фіксацією у відповідних журналах встановленого зразка. [18]

Особлива увага в межах нормативно-законодавчого регулювання приділяється фізичному та психофізіологічному стану персоналу. Оскільки монтаж огорожувальних тришарових сендвіч-панелей стін та кровляних систем покрівлі переводить процеси у категорію робіт на висоті та верхолазних робіт, увесь задіяний інженерно-робочий персонал підлягає обов'язковим попередньому (під час прийняття на роботу) та періодичним (впродовж трудової діяльності) медичним оглядам відповідно до Наказу МОЗ України № 246. Особи віком до 21 року, а також працівники, які мають медичні протипоказання за станом здоров'я (зокрема, порушення вестибулярного апарату, серцево-судинні захворювання тощо), категорично не допускаються до виконання робіт на висоті. Аналогічно, до роботи з токсичними хімічними сполуками під час нанесення вогнезахисних покриттів сталевих каркасів допускаються лише особи, які пройшли відповідний медичний огляд та сертифіковане навчання щодо правил поводження з небезпечними речовинами. [19]

Безпосередній допуск будівельних бригад до монтажних чи демонтажних процесів дозволяється лише за наявності затвердженого Проєкту виконання робіт (ПВР), розробленого з урахуванням вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДБН А.3.2-2-2009. У ПВР мають бути чітко визначені: технічні характеристики та схеми прив'язки вантажопідіймальних кранів, радіуси їх дії та межі небезпечних зон, графічні схеми стропування та переміщення довгомірних сталевих

елементів (колон, ригелів, ферм) та великогабаритних сендвіч-панелей. Виконання робіт у межах охоронних зон повітряних ліній електропередачі, діючих підземних комунікацій міської забудови м. Вінниця, а також верхолазні роботи здійснюються виключно за письмовим розпорядженням — нарядом-допуском, який визначає чіткий комплекс інженерних та безпекових заходів, межі робочої зони, склад бригади та прізвища осіб, відповідальних за безпеку. [20, 14]

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Процес зведення двоповерхової будівлі автосалону в місті Вінниця супроводжується динамічною зміною умов праці, що обумовлено одночасним розгортанням кількох технологічних потоків на обмеженій території будівельного майданчика. Специфіка архітектурно-конструктивних рішень — зокрема поєднання великих відкритих просторів шоу-руму висотою першого поверху 4,5 м та блоку технічного сервісу з цехом кузовного ремонту площею 529,85 м² — вимагає виконання широкого спектра будівельно-монтажних процесів. Будівельне виробництво на даному об'єкті характеризується наявністю комплексу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які класифікуються відповідно до нормативних стандартів та суттєво впливають на безпеку життєдіяльності робітників (монтажників, зварювальників, бетонярів, ізолювальників та оздоблювальників).

Серед фізичних небезпечних та шкідливих факторів першочергову загрозу становить виконання робіт на висоті та верхолазних робіт. Оскільки загальна висота будівлі автосалону від рівня землі до верхньої точки парапету становить 11,100 м, процеси монтажу елементів повного сталевого каркаса (вертикальних колон, ригелів, кроквяних ферм), укладання сталевого профільованого настилу міжповерхового перекриття та улаштування пласкої суміщеної покрівлі ведуться на значній висоті. У цих умовах існує постійний критичний ризик падіння працівників з висоти через

відсутність або ненадійність тимчасових захисних огорожень, роботу на слизьких металевих поверхнях в умовах вітрового навантаження (II вітровий район, 450 Па), а також через можливе нехтування використанням лямкових страхувальних поясів. Додатково виникає небезпека травмування персоналу, що перебуває внизу, внаслідок падіння інструментів, кріпильних елементів або залишків матеріалів з робочих горизонтів другого поверху чи покрівлі.

Іншим потужним джерелом фізичної небезпеки є застосування важких вантажопідіймальних механізмів, зокрема автомобільних кранів, для переміщення великогабаритних елементів каркаса та огорожувальних тришарових металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм. Під час підйому та позиціонування конструкцій виникає ризик падіння вантажу або самих елементів через неправильне розрахункове стропування, обрив канатів, використання несправних вантажозахоплювальних пристроїв чи раптовий порив вітру. Небезпека також локалізується безпосередньо у зоні дії крана, де траєкторія переміщення довгомірних сталевих ферм покриття може перетинати робочі зони інших будівельних бригад.

Паралельно на майданчику діють фізичні шкідливі фактори, такі як підвищені рівні виробничого шуму та локальної вібрації. Головними джерелами шуму є робота двигунів будівельної спецтехніки, автокранів, компресорних установок, а також використання механізованого ручного інструменту (кутових шліфувальних машин для різання металопрофілю, перфораторів, гайковертів). Під час укладання монолітної залізобетонної плити міжповерхового перекриття та бетонування стовпчастих і стрічкових фундаментів на глибині закладення 1,2 м джерелом високочастотної вібрації є глибинні та поверхневі вібратори, що застосовуються для ущільнення бетонної суміші. Тривала дія цих факторів викликає перевтому нервової системи, знижує концентрацію уваги будівельників та збільшує ймовірність помилок.

Суттєву частку у структурі фізичних небезпек становить загроза ураження електричним струмом. На будівельному майданчику автосалону розгортається розгалужена мережа тимчасового електропостачання та освітлення, яка живить зварювальні пости, бетонозмішувачі та ручний інструмент. Ризик електротравматизму різко зростає через можливість пошкодження ізоляції силових кабелів під час їх переміщення по гострих краях сталевих балок, відсутність або неефективність захисного заземлення (занулення) металевих корпусів обладнання, а також у разі виконання робіт в умовах підвищеної вологості під час опадів.

Значний масив загроз на будівельному майданчику автосалону у м. Вінниця становлять хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, дія яких активізується під час монтажу металоконструкцій та виконання ізоляційних і оздоблювальних робіт. Першочерговим джерелом хімічної небезпеки є процес нанесення інтумесцентних (вспушувальних) фарб та антикорозійних ґрунтовок на елементи повного сталевого каркаса (колони, ригелі, зв'язки та кроквяні ферми) для забезпечення заданого II ступеня вогнестійкості будівлі. Під час розпилення або ручного нанесення цих сумішей у повітря робочої зони виділяються високотоксичні пари летких органічних сполук, розчинників та складних хімічних компонентів (зокрема ксилолу, толуолу чи ацетону). Подібні речовини мають яскраво виражену токсичну, загальносоматичну та подразнюючу дію, здатні викликати гострі отруєння, запаморочення, ураження центральної нервової системи та хімічні опіки слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів працівників.

Додатковим джерелом хімічного забруднення є виконання електрозварювальних робіт під час проектного закріплення вузлів сполучення сталевих балок та ферм. Спалювання зварювальних електродів і плавлення металу супроводжується інтенсивним виділенням складного за складом зварювального аерозолу, що містить дрібнодисперсні оксиди

марганцю, заліза, хрому, кремнію, а також фтористий водень та оксиди азоту. Тривале вдихання цих газів без належного захисту органів дихання призводить до хронічних професійних захворювань легенів (пневмоконіозу, зварювального манганотоксикозу). Також хімічна небезпека виникає при застосуванні поліуретанових монтажних піногерметиків та клеїв під час герметизації стиків тришарових стінових сендвіч-панелей.

Окрему категорію шкідливих чинників становить виробничий пилю, який за своїм характером є переважно неорганічним та фіброгенним. Специфічним фактором для даного об'єкта є пилю мінеральної вати. Оскільки зовнішні стіни автосалону монтуються з тришарових металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм, а пласка суміщена покрівля містить два шари мінераловатних плит загальною товщиною 150 мм, процеси їх підрізання, підгонки та монтажу неминуче супроводжуються руйнуванням структури утеплювача. Склоподібні мікроскопічні волокна мінеральної вати, потрапляючи на незахищену шкіру, викликають сильний свербіж, механічне подразнення та дерматити, а при вдиханні — важкі ураження дихальних шляхів. Паралельно, під час приготування бетонних сумішей для заливки фундаментів на глибині 1,2 м, улаштування залізобетонної плити перекриття по профнастилу та шліфування бетонної підлоги з топпінгом у зоні сервісу площею 529,85 м², утворюється значна кількість цементного та силікатного пилу, який має високу лужну реакцію і травмує слизові оболонки.

Важливе значення у структурі аналізу безпеки мають психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що зумовлені характером праці будівельників. Фізичні перевантаження (статичні та динамічні) виникають під час ручного перенесення допоміжних матеріалів, утримання важкого механізованого інструменту (зварювальних апаратів, гайковертів, шліфмашин) та примусового перебування працівників у незручних або фіксованих робочих позах. Особливо це характерно для

монтажників, які виконують проектне болтове та зварювальне з'єднання кроквяних ферм покриття і прогонів на висоті другого поверху. Нервово-психічне напруження на об'єкті викликане високою інтенсивністю праці, необхідністю постійної координації рухів із роботою автокранів, а також емоційним навантаженням (страхом висоти) під час верхолазних робіт на позначках до 11,100 м, де найменша помилка чи втрата рівноваги може призвести до летальних наслідків.

Не слід ігнорувати і метеорологічні (кліматичні) умови району будівництва у місті Вінниця, які безпосередньо впливають на працездатність персоналу, оскільки більшість каркасних та покрівельних робіт виконуються на відкритому просторі. Згідно з архітектурними даними, розрахункова температура найхолоднішої п'ятиденки становить - 22 °С, що створює ризик обмороження, переохолодження працівників, замерзання паливно-мастильних матеріалів спецтехніки та утворення ожеледі на сталевих балках каркаса. У літній період навпаки — діє фактор підвищеної температури повітря та прямої сонячної радіації, що призводить до теплового перегріву, швидкої стомлюваності, зниження уваги будівельників та небезпеки сонячних ударів. Крім того, характеристичний вітровий тиск у II вітровому районі становить 450 Па, що за умови значного парусного ефекту стінових сендвіч-панелей та великопрольотних ферм робить дію вітру критично небезпечним чинником під час кранових операцій.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування за допомогою поопераційного матричного методу

Для забезпечення високого рівня промислової безпеки під час зведення двоповерхової будівлі автосалону в місті Вінниця замість стандартного аналізу загальних чинників було застосовано прогресивний поопераційний метод кількісної матриці оцінки ризиків. Даний підхід базується на міжнародних принципах системи Fine-Kinney та вимогах ДСТУ ISO 45001:2019. Його сутність полягає в тому, що оцінюється не

абстрактне робоче місце взагалі, а кожна окрема технологічна операція (ТО), яку виконує монтажник будівельних металоконструкцій безпосередньо у процесі монтажу елементів сталевого каркаса, стінових панелей та покрівлі даного об'єкта. [21]

Математична модель визначення інтегрального рівня професійного ризику (R) для кожної операції виражається формулою:

$$R = S \cdot P$$

де S — показник тяжкості можливих наслідків для життя та здоров'я працівника (оцінюється від 1 до 5), а P — показник ймовірності (частоти) виникнення небезпечної події за умови існуючого рівня організації робіт (оцінюється від 1 до 5).

Для градації отриманих результатів розроблено шкалу класифікації ризиків:

- 1–4 бали — Низький (прийнятний) ризик: ситуація контрольована, додаткових засобів безпеки, крім базових ЗІЗ, не потрібно.
- 5–9 балів — Помірний (контрольований) ризик: загроза усувається виконанням стандартних інструкцій з охорони праці та застосуванням ЗІЗ.
- 10–15 балів — Істотний ризик: висока небезпека, яка вимагає впровадження додаткових колективних та інженерно-технічних засобів захисту, видачі нарядів-допусків та постійного нагляду ІТР.
- 16–25 балів — Критичний (неприпустимий) ризик: виконання операції категорично забороняється, будівельний процес зупиняється до повного перегляду технологічних рішень та зниження бала.

Результати проведеного поопераційного аналізу для умов будівництва автосалону зведено у таблицю 1.1. Нижче наведено розгорнуте технічне та аналітичне обґрунтування встановлених показників для ключових технологічних операцій.

Обґрунтування оцінок ризику та інженерно-технічних рішень за операціями:

- Аналіз операцій ТО-01 та ТО-03 (Висотні роботи та укладання профнастилу): Операція з укладання сталевих профільованих настилу міжповерхового перекриття та покрівлі отримала найвищий у матриці показник ризику — 15 балів. Це зумовлено тим, що монтажники змушені пересуватися безпосередньо по відкритих металевих горизонтах на позначках другого поверху та даху аж до максимальної висоти будівлі 11,100 м. Тяжкість наслідків у разі падіння на бетонну основу є летальною або катастрофічною ($S=5$). Зважаючи на кліматичні чинники Вінницького регіону (можливість раптових поривів вітру, випадання опадів, що роблять метал слизьким), ймовірність події оцінено як періодичну ($P=3$). Для зниження цього істотного ризику проектом передбачено обов'язковий монтаж жорстких інвентарних огорожень по периметру та натягування горизонтальних сталевих тросів («ліній життя») для безперервного зачеплення карабінів страхувальних систем. При монтажі колон шоу-руму на висоті 4,5 м (ТО-01) ризик оцінено у 12 балів, оскільки робота ведеться з мобільних вишок-тур, які мають власний захисний контур, що дещо знижує загальну ймовірність, але вимагає обов'язкової фіксації вишки гальмівними упорами.
- Аналіз операції ТО-02 (Крановий підйом кроквяних ферм покриття):

Підйом великопрольотних сталевих ферм покриття на відмітку понад 11 метрів за допомогою автомобільного крана характеризується інтегральним ризиком у 10 балів. Основне джерело загрози тут полягає не в

помилках машиніста крана, а у значній парусності самої конструкції ферми. Оскільки майданчик будівництва розташований у II вітровому районі із характеристичним тиском 450 Па, раптовий сильний порив вітру здатний розвернути або розгойдати багатотонну конструкцію в повітрі, що призведе до зрізання стропів або руйнування сусідніх змонтованих вузлів. Тяжкість за замовчуванням максимальна ($S=5$), проте за рахунок організаційних заходів (повна заборона підйому при швидкості вітру понад 10 м/с та застосування довгих ручних канатних відтяжок для утримання ферми з землі) ймовірність мінімізовано до рідкісної ($P=2$).

- Аналіз операції ТО-04 (Монтаж тришарових стінових сендвіч-панелей):

Специфіка архітектурного рішення автосалону передбачає улаштування зовнішніх стін із важких і товстих металевих сендвіч-панелей товщиною 250 мм із мінераловатним наповненням. Операція їх позиціонування та кріплення до сталевих прогонів каркаса отримала 12 балів (істотний ризик). Панелі мають велику площу, що створює значний «ефект вітрила». При використанні вакуумних підйомників існує критична небезпека раптового знеструмлення пристрою або втрати вакууму через забруднення поверхні панелі, що призведе до її падіння на монтажників. Впровадження інженерного заходу — обов'язкового страхування піднятої панелі додатковими текстильними стропами-ремнями до моменту її проектного закріплення болтами — дозволяє повністю контролювати цю операцію.

- Аналіз операції ТО-06 (Нанесення інтумесцентного вогнезахисту):

Для забезпечення II ступеня вогнестійкості сталевого каркаса будівлі всі несучі конструкції (колони, ферми, зв'язки) підлягають покриттю спеціальними вогнезахисними вспушувальними фарбами. Процес їх механізованого напилення оцінено в 12 балів. Хімічна небезпека тут виражена найсильніше, оскільки показник ймовірності впливу шкідливих

речовин є високим (P=4) через утворення стійкого дрібнодисперсного лакофарбового туману. Пари розчинників (ксилол, толуол) мають високу токсичність (S=3). Інженерне рішення вимагає відмови від роботи у замкнених зонах без примусової мобільної вентиляції та повного екіпірування хімічними респіраторами з фільтрами класу А.

- Аналіз операцій ТО-05, ТО-07 та ТО-08 (Помірні ризики):

Процеси зварювання вузлів (ТО-05), підрізання мінеральної вати покрівлі товщиною 150 мм (ТО-07) та організація робіт у зоні сервісу площею 529,85 м² (ТО-08) увійшли до зони помірної ризику (8 балів). Загрози травмування від зварювального струму, подразнення шкіри мікрочастинами утеплювача чи падіння дрібних метизів з висоти другого поверху на бетонярів знизу надійно нівелюються стандартними методами колективного та індивідуального захисту: обмеженням холостого ходу зварювальних апаратів до 12 В, виділенням окремих майданчиків для крою мінвати на відкритому повітрі та жорстким касковим режимом.

Математичний аналіз Таблиці 1.1 показує, що впровадження цільових технічних рішень дозволяє знизити рівень професійного ризику в середньому у 2,4–3 рази, повністю перевівши будівельний процес із небезпечної зони «Істотного ризику» у стабільні площини «Помірної» та «Низької» ризиків.

Регіонально-кліматичні та просторові аспекти довгострокового моніторингу ризиків

Оскільки автосалон зводиться у місті Вінниця, на динаміку зміни показника ймовірності (P) суттєво впливають сезонні коливання параметрів мікроклімату та погодних умов:

1. Зимово-весняний перехідний період: Різкі перепади температур через нульову позначку викликають утворення тонкої крижаної плівки (ожеледі) на поверхні сталевих балок і ригелів каркаса. Це миттєво підвищує ймовірність падіння працівника (P) з оцінки 3 («Час від

часу») до оцінки 5 («Постійно»), переводячи ризик ТО-03 у критичну категорію (R = 25). Інженерне рішення: повна заборона висотних робіт до очищення сталевих профілів протиожеледними сумішами або їх прогріву.

2. Просторове суміщення робіт (Цех кузовного ремонту): Проєктом передбачено цех кузовного ремонту площею 529,85 м² на першому поверсі. Під час улаштування промислових бетонних підлог із зміцненим верхнім шаром (топпінгом) у цій зоні, паралельно на другому поверсі триватиме монтаж внутрішніх металоконструкцій та інженерних мереж. Таке просторове суміщення процесів різко підвищує ймовірність травмування людей знизу предметами, що падають (ТО-08). Превентивний захід безпеки: монтаж суцільного захисного екрана

3. (дерев'яного або сітчастого щільного настилу) на відмітці міжповерхового перекриття, який повністю розділяє ці два робочі горизонти.

Усі ідентифіковані поопераційні ризики, алгоритми їх мінімізації та розраховані параметри безпеки покладено в основу розробки комплексних організаційно-технічних заходів, детальний технічний опис яких наведено у наступному підрозділі 4.4.

Таблиця 4.1 Оцінки ризиків для монтажників

Технологічна операція / Небезпечний фактор	Можливі наслідки для життя та здоров'я	Тяжкість	Ймовірність	Інтегральний індекс ризику	Рівень ризику	Комплекс інженерно-технічних та організаційних заходів щодо зниження ризику
ТО-01 Падіння працівника з висоти при монтажі конструкцій та профнастилу	Смертельні травми, катастрофічні або важкі ушкодження	5	3	15	Істотний	Попереднє натягування сталевих ліній життя (від 8 мм і більше) уздовж ферм; інвентарні загородження заввишки від 1,1 м з бортом від 15 см; використання лямкових страхувальних поясів; робота з мобільних вишок-тур з гальмівними упорами.
ТО-02 Падіння збірних конструкцій,	Важкі або смертельні	5	2	10	Істотний	Контроль стропування; застосування монтажних траверс та довгих ручних

кроквяних ферм або вантажу краном	травми, руйнування сусідніх вузлів					канатних відтяжок для утримання від розгойдування вітром; повна заборона підйому при швидкості вітру від 10 м/с і більше.
ТО-03 Монтаж тришарових стінових сендвіч-панелей (парусність)	Травмування персоналу, падіння великої панелі на монтажників	4	3	12	Істотний	Інженерне дублювання вакуумних підйомників: накидання двох страхувальних текстильних ременів-стропів після підняття на 0,5 м від землі; зняття лише після фіксації не менше ніж 2 проектними гвинтами.
ТО-04 Ураження електричним струмом при проектному зварюванні	Важкі травми, опіки, фібриляція серця, смерть	4	3	12	Істотний	Комплектація інверторів блоками зниження напруги холостого ходу до 12 В; обов'язкове заземлення корпусів та каркаса (не більше 4 Ом); підключення через ПЗВ (струм спрацьовування не більше 30 мА).
ТО-05 Інгаляційний вплив токсичних парів при нанесенні вогнезахисту	Хімічні опіки слизових, отруєння ксилолом або толуолом, ураження ЦНС	3	4	12	Істотний	Заборона робіт у замкнених зонах без примусової мобільної вентиляції (осьові вентилятори ВСП-5000 для 8-кратного обміну повітря); екіпування хімічними респіраторами з фільтрами класу А.
ТО-06 Вплив фіброгенного пилу	Подразнення органів дихання,	2	4	8	Помірний	Виділення окремих майданчиків для крою мінвати на відкритому повітрі;

мінеральної вати та цементу	сильний свербіж шкіри, дерматити					негайне збирання обрізків у щільні поліетиленові мішки; періодичне зволоження поверхонь; використання респіраторів FFP2 або FFP3 та окулярів.
ТО-07 Падіння інструменту чи матеріалів з висоти на людей внизу	Травми голови та кінцівок, важкі механічні ушкодження, забої	3	3	9	Помірний	Маркування та сигнальне огороження меж небезпечної зони крана; монтаж суцільного захисного екрана або дерев'яних навісів-козирків над зонами проходу; жорсткий касковий режим відповідно до EN 397.
Загальний фактор Пожежа через коротке замикання або вогневі роботи	Опіки працівників, отруєння чадним газом, втрата майна	4	2	8	Помірний	Очищення радіуса в 5 м від горючих матеріалів біля зварювальних постів; комплектація постів вогнегасниками ОП-5 та азбестовим полотном; зберігання ЛФМ у металевому заземленому контейнері за 24 м від споруд.

4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проєктування

На основі результатів кількісного поопераційного аналізу професійних ризиків, проведеного у підрозділі 1.3, де було виявлено низку істотних загроз (зокрема, при роботі на висоті до +11,100 м, використанні кранового господарства в умовах II вітрового району та нанесенні токсичного вогнезахисту), розроблено комплексну систему превентивних інженерно-технічних, організаційних та архітектурно-планувальних заходів. Метою цих заходів є зниження залишкового ризику до прийняттого рівня, повне виключення виробничого травматизму та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов на майданчику будівництва автосалону в м. Вінниця.

Всі рішення розроблені у строгій відповідності до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» та НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках». [14, 15]

4.4.1 Організаційні заходи безпеки праці

Організація будівельного виробництва базується на принципах випереджального забезпечення безпеки. До початку основних монтажних робіт на об'єкті виконуються такі організаційні процедури:

Допуск до робіт підвищеної небезпеки:

- Виконання верхолазних робіт на позначках другого поверху та покрівлі (ТО-01, ТО-03), підйом кроквяних ферм кранами (ТО-02), а також проектне зварювання вузлів каркаса (ТО-05) дозволяється виключно за нарядами-допусками. У наряді-допуску чітко визначається склад бригади, відповідальні особи з числа ІТР (майстер, виконроб), межі небезпечної зони та конкретні системи страховки.
- До монтажу допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли щорічний спеціальний медичний огляд на право виконання

висотних робіт, навчання та перевірку знань з охорони праці з отриманням відповідного посвідчення.

1. Обмеження за кліматичними та погодними умовами Вінницького регіону:

- Зважаючи на те, що характеристичне значення вітрового тиску для м. Вінниця становить 450 Па (II вітровий район), ПВР встановлює жорсткі межі зупинки робіт. Монтаж та переміщення великопрольотних кроквяних ферм покриття, а також стінових сендвіч-панелей товщиною 250 мм (ТО-02, ТО-04), що мають велику парусність, категорично забороняється при швидкості вітру 10 м/с і більше.
- Висотні роботи на покрівлі з укладання профнастилу (ТО-03) припиняються під час проливного дощу, грози, сильного туману (видимість менше 50 м) та при ожеледиці на сталевих конструкціях каркаса.

2. Розмежування та маркування небезпечних зон майданчика:

- Навколо будівлі автосалону встановлюється межа небезпечної зони дії автомобільного крана та можливого падіння предметів з висоти 11,100 м. Згідно з ДБН А.3.2-2-2009, при висоті будівлі до 20 м радіус небезпечної зони від проекції краю структури становить не менше 5 метрів, а при переміщенні вантажів краном — розраховується як сума максимального вильоту стріли, половини габариту вантажу та додаткового відлітання (не менше 4 м для висоти до 10–11 м). [14]
- Межа зони захищається сигнальним огороженням за ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015 та обладнується знаками безпеки «Увага! Небезпечна зона», «Вхід стороннім заборонено» та «Працювати в касках». [22]

4.4.2 Технічні та інженерні заходи безпеки

Технічні рішення спрямовані на повне усунення або максимальне обмеження дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів безпосередньо в місці їх виникнення.

1. Колективний та індивідуальний захист від падіння з висоти:

- Анкерні лінії («лінії життя»): Для безпечного укладання сталевих профільованих настилу перекриттів та покрівлі (ТО-03) проектом передбачено попереднє натягування горизонтальних сталевих тросів (діаметром не менше 8 мм) уздовж верхніх поясів кроквяних ферм та ригелів. Анкерні лінії жорстко фіксуються до колон та слугують для безперервного зачеплення карабінів лямкових страхувальних поясів монтажників під час їхнього пересування.
- Захисні огороження: По периметру міжповерхового перекриття другого поверху встановлюються тимчасові інвентарні металеві загородження заввишки не менше 1,1 м з обов'язковою суцільною бортовою дошкою знизу (висота борту не менше 15 см) для запобігання падінню метизів, болтів чи ручного інструменту на нульову відмітку. [14, 22]
- Засоби підмащування: Монтаж вузлів примикання сталевих балок на висоті до 4,5 м (шоу-рум) виконується з мобільних вишок-тур, обладнаних робочими платформами з люками, суцільним настилом та аутригерами (виносними опорами), що виключають перекидання конструкції.

2. Безпека при кранових операціях та монтажі огорожувальних конструкцій:

- Траверси та відтяжки: Підйом кроквяних ферм покриття здійснюється із застосуванням спеціальних монтажних траверс, які виключають виникнення стискальних напружень у тілі ферми під час підйому. Для запобігання вільному обертанню та розгойдуванню ферми або стінової

панелі вітром до країв конструкцій кріпляться дві гнучкі канатні відтяжки з капронового або прядив'яного каната, за допомогою яких монтажники з землі контролюють траєкторію руху вантажу.

- Страхування вакуумних підйомників: При монтажі тришарових сендвіч-панелей товщиною 250 мм (ТО-04) за допомогою вакуумних траверс впроваджується обов'язкове інженерне дублювання: після підняття панелі на висоту 0,5 м від рівня землі на неї вручну накидаються два страхувальні текстильні ремені-стропи, які фіксуються до гака крана. Знімати ці ремені дозволяється лише після того, як панель буде щільно притиснута до каркаса і надійно зафіксована щонайменше двома проектними гвинтами.

3. Комплекс заходів з електробезпеки при зварюванні:

- Всі зварювальні пости (ТО-05) комплектуються інверторними апаратами, обладнаними автоматичними блоками зниження напруги холостого ходу (до безпечного рівня 12 В) при розриві зварювальної дуги.
- Корпуси зварювальних трансформаторів та металевий каркас будівлі, що монтується, підлягають обов'язковому заземленню із приєднанням до тимчасового контуру заземлення будівельного майданчика (опір розтіканню струму не повинен перевищувати 4 Ом). Підключення всього мобільного електроінструменту виконується через пристрої захисного відключення (ПЗВ) зі струмом спрацьовування не більше 30 мА.

4.4.3 Архітектурно-планувальні та санітарно-гігієнічні рішення

Архітектурна концепція автосалону та планування його зон безпосередньо впливають на формування довгострокових безпечних умов експлуатації та будівництва споруди.

1. Просторове ізолювання та вентиляція цеху кузовного ремонту:

- Проектом передбачено відокремлення великої сервісної зони та цеху кузовного ремонту площею 529,85 м² від загального об'єму демонстраційного шоу-руму за допомогою капітальних брандмауерних стін та перегородок із високою межею вогнестійкості. Це повністю виключає проникнення шуму, вібрації та шкідливих газів у клієнтську зону.
- На етапі оздоблювальних робіт та нанесення інтумесцентного вогнезахисту на сталевий каркас (ТО-06) всередині цеху кузовного ремонту розгортається тимчасова примусова вентиляція на базі мобільних осьових вентиляторів ВСП-5000 продуктивністю до 5000 м³/год. Це забезпечує 8-кратний обмін повітря та знижує концентрацію парів розчинників (ксилолу, толуолу) до рівнів значно нижчих за ГДК (Гранично допустима концентрація).

2. Впорядкування суміщених робіт та безпека пересування:

- Архітектурне планування двоповерхового автосалону передбачає чітку сітку технологічних проїздів та проходів всередині будівлі. Щоб уникнути травмування бетонярів під час заливки підлог у сервісній зоні на відмітці 0,000 від випадкового падіння предметів з другого поверху (ТО-08), впроваджується часове розведення процесів або влаштовуються суцільні захисні дерев'яні навіси-козирки над зонами проходу будівельників.
- Для безпечного підйому монтажників на другий поверх автосалону та покрівлю ПВХ-мембрани до моменту влаштування стаціонарних залізобетонних сходиць монтуються інвентарні металеві маршові сходи з кутом нахилу не більше 45° та двосторонніми поручнями заввишки 1,0 м.

3. Протипожежний захист сталевих конструкцій (II ступінь вогнестійкості):

- Сталевий повний каркас автосалону за замовчуванням має низьку власну межу вогнестійкості (R15). Щоб забезпечити нормативний II ступінь вогнестійкості будівлі згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016, архітектурно-конструктивним рішенням передбачено нанесення на всі сталеві колони, балки та кроквяні ферми сертифікованої інтумесцентної (вспушувальної) фарби на водній або органічній основі. Дане покриття під впливом високих температур пожежі збільшує свій об'єм у 40–50 разів, утворюючи стійкий пористий кокс, що підвищує межу вогнестійкості колон до R120, а балок і ферм — до R60, забезпечуючи безпечну евакуацію людей та стійкість споруди. [23]

4.4.4 Санітарно-побутове та медичне обслуговування працівників

Для створення належних умов праці на території будівельного майданчика у м. Вінниця розгортається мобільне інвентарне побутове містечко контейнерного типу. До його складу входять:

- Гардеробна кімната для перевдягання та роздільного зберігання домашнього та робочого спецодягу.
- Приміщення для сушіння робочого одягу та взуття (обладнане калориферами автоматичної дії).
- Їдальня-кімната відпочинку, забезпечена питною водою нормативної якості, пристроями для підігріву їжі.
- Душова кімната та стаціонарні санвузли з підключенням до міських мереж водопостачання та каналізації м. Вінниця.

Всі монтажники 100% забезпечуються безкоштовним сертифікованим спецодягом, спецвзуттям та ЗІЗ відповідно до встановлених норм (костюм типу «Профі», черевики з металевим підноском, каска будівельна EN 397, респіратори FFP2/FFP3, страхувальні прив'язі з амортизаторами ривка). На майданчику організовується пост першої медичної допомоги, укомплектований розширеними аптечками медичними загальновиробничими.

Впровадження розробленого комплексу організаційних, технічних та архітектурно-планувальних рішень дозволяє повністю нейтралізувати

виявлені джерела небезпек та перевести будівельний процес у рамки абсолютно контрольованого та безпечного виробництва.

Ось логічне та розгорнуте продовження для підрозділу 1.4, яке доповнює систему заходів важливими аспектами протипожежного захисту під час БМР, екологічної безпеки, оперативного контролю та оцінки ефективності:

4.4.5 Протипожежні заходи на території будівельного майданчика при виконанні БМР

Специфіка зведення каркаса автосалону передбачає одночасне виконання вогневих (зварювальних) робіт (ТО-05) та застосування легкозаймистих інтумесцентних фарб на органічній основі (ТО-06). Для запобігання виникненню пожежі на майданчику реалізується комплекс таких заходів:

1. Організація вогневих робіт:

- Місця проведення постійних зварювальних робіт чітко визначаються ПВР, а тимчасові зварювальні пости у вузлах ферм та колон (на висоті до 11,100 м) організуються виключно після очищення радіуса в 5 метрів від будь-яких горючих матеріалів (пакувальної тари сендвіч-панелей, дерев'яних піддонів).
- Кожен висотний зварювальний пост безпосередньо на риштуваннях чи вищці-турі комплектується переносним вогнегасником ОП-5 та вогнетривким азбестовим полотном для уловлювання розпечених крапель металу та шлаку.

2. Правила зберігання та роботи з лакофарбовими матеріалами:

- Склад тимчасового зберігання вогнезахисних сумішей та розчинників (ксилолу) організується в окремому металевому контейнері, розташованому на відстані не менше 24 метрів від інших споруд. Контейнер обладнується природною вентиляцією, заземлюється та укомплектовується інструментом, що не висікає іскор при ударі.

- У зоні нанесення фарби апаратами безповітряного розпилення категорично забороняється використання відкритого вогню, виконання зварювальних або шліфувальних робіт. Куріння на території майданчика дозволяється лише у спеціально відведеному та маркованому місці, обладнаному бочкою з водою та урною.

3. Загальне протипожежне забезпечення:

- Будівельний майданчик обладнується двома пожежними щитами типу ЩП-В (для гасіння пожеж рідких речовин), укомплектованими ломачами, баграми, конусними відрами, ящиками з сухим піском (об'ємом 0,5 м³) та вуглекислотними чи порошковими вогнегасниками. Тимчасові дороги на майданчику проєктуються кільцевими з шириною проїзду не менше 3,5 м для безперешкодного під'їзду пожежних автомобілів ГУ ДСНС у Вінницькій області.

4.4.6 Заходи з охорони навколишнього природного середовища та поводження з будівельними відходами

Технологічний цикл будівництва автосалону супроводжується утворенням специфічних відходів, які потребують системного контролю для запобігання забрудненню екосистеми м. Вінниця:

1. Мінімізація пилоутворення та поводження з волокнистими матеріалами:
 - При підрізанні мінераловатних плит товщиною 150 мм для покрівлі та підгонці елементів стінових сендвіч-панелей (ТО-04, ТО-07) утворюється фіброгенний мікропил. Всі обрізки мінвати негайно збираються у щільні поліетиленові мішки великої місткості, що унеможлиблює рознесення мікрОВОЛОКОН вітром по прилеглий міській території.
2. Утилізація небезпечних хімічних відходів:
 - Відходи від промивання систем безповітряного розпилення фарби, залишки розчинників та порожня тара з-під інтумесцентного покриття

(ТО-06) належать до небезпечних відходів. Складування порожніх металевих каністр та відер дозволяється виключно на спеціальному піддоні з бортиками (для уловлювання випадкових витоків) з наступною передачею за договором спеціалізованому ліцензованому підприємству для регенерації або захоронення.

3. Захист ґрунтів та благоустрій території:

- Для запобігання винесенню бруду та глини на асфальтоване покриття міських вулиць м. Вінниця на виїзді з будівельного майданчика обладнується тимчасовий пост мийки коліс вантажного транспорту та автокранів із замкнутим циклом очищення води. Збір побутового сміття здійснюється в контейнери з кришками, встановлені на бетонованому майданчику, з регулярним вивезенням комунальними службами.

4.4.7 Система оперативного тріступеневого контролю за станом охорони праці

Для забезпечення безперервного моніторингу умов праці та виключення формального підходу до безпеки на об'єкті впроваджується система тріступеневого оперативного контролю:

Перший ступінь: Виконується щоденно перед початком робочої зміни майстром (виконробом) спільно з бригадиром монтажників. Перевірці підлягають: справність ручного електроінструменту, цілісність страхувальних ліній та прив'язей, правильність заземлення зварювальних апаратів, наявність касок та ЗІЗ у працівників. Виявлені порушення усуваються негайно до допуску людей до роботи.

Другий ступінь: Проводиться один раз на тиждень начальником будівельної дільниці за участю інженера з охорони праці та представника профспілки. Об'єктом аналізу є: стан риштувань та вишок-тур, працездатність блоків зниження напруги (до 12 В), дотримання меж небезпечних зон крана, ведення журналів інструктажів та видачі нарядів-допусків. Результати заносяться до спеціального журналу другого ступеня контролю з визначенням строків виконання.

Третій ступінь: Виконується один раз на місяць комісією під керівництвом головного інженера підприємства-забудовника. Комісія комплексно перевіряє санітарно-побутове забезпечення (стан мобільного містечка), аналізує ефективність виконання приписів попередніх перевірок, розглядає скарги чи пропозиції працівників та приймає рішення щодо модернізації технічних засобів безпеки чи преміювання дільниць за безаварійну роботу.

4.4.8 Оцінка соціально-економічної ефективності розроблених заходів

Впровадження запропонованого комплексу архітектурно-планувальних та організаційно-технічних рішень має чітко виражений соціальний та економічний ефект для підприємства:

Соціальний ефект: Полягає у повній ліквідації ризиків виникнення важкого виробничого травматизму (особливо при роботах на граничній відмітці +11,100 м та кранових операціях), зниженні рівня загальної захворюваності будівельників завдяки створенню комфортного мікроклімату в побутових приміщеннях, покращенні психологічного клімату в колективі внаслідок відчуття повної захищеності на робочому місці.

Економічний ефект: Досягається шляхом усунення прямих і прихованих збитків від можливих аварій та нещасних випадків (виплати за листками непрацездатності, компенсації за регресними позовами, штрафи органів Держпраці). Організація чіткої логістики, раціональне планування зони кузовного ремонту (529,85 м²) та суміщених робіт дозволяють уникнути технологічних простоїв, що забезпечує введення автосалону в експлуатацію в строго визначені календарні терміни.

Висновок

У розділі «Охорона праці» було детально розглянуто основні питання забезпечення безпечних, нешкідливих та нормативних умов праці під час спорудження двоповерхової будівлі автосалону в місті Вінниця.

Проведено ґрунтовний аналіз чинних законодавчих і нормативно-правових актів у галузі охорони праці України (зокрема Закону України «Про

охорону праці», ДБН А.3.2-2-2009 та НПАОП 45.2-7.03-17), що регламентують процеси організації безпечного виконання будівельно-монтажних робіт, правила безпечної експлуатації вантажопідіймальної техніки, мобільного електрообладнання, а також вимоги до верхолазних робіт. [11, 14, 15]

У ході аналізу умов праці на будівельному майданчику об'єкта проектування були ідентифіковані та класифіковані основні небезпечні й шкідливі виробничі чинники, які чинять безпосередній вплив на монтажників будівельних металоконструкцій та залізобетонних елементів. До них віднесено: загрозу падіння працівників з висоти (до граничної позначки +11,100 м), небезпеку обрушення елементів каркаса та тришарових стінових сендвіч-панелей товщиною 250 мм під дією вітрового тиску II вітрового району (450 Па), ризик ураження електричним струмом, підвищені рівні технологічного шуму й локальної вібрації, інгаляційний вплив токсичних парів розчинників (ксилолу) при безповітряному розпиленні інтумесцентного вогнезахисту, а також загрозу виникнення пожеж.

Встановлено конкретні технічні та організаційні причини виникнення зазначених небезпек, проаналізовано характер їхнього потенційного патогенного впливу на організм будівельників, а також визначено закономірності зниження працездатності й концентрації уваги під дією психофізіологічного та кліматичного навантаження.

Із застосуванням сучасного числово-матричного поопераційного методу оцінювання ризиків, інтегрованого з принципами ДСТУ ISO 45001:2019, було проведене поглиблене дослідження ймовірності та тяжкості реалізації потенційних загроз на кожній окремій технологічній операції. [21]

Визначено точні матричні індекси ризику для основних небезпечних ситуацій, що дозволило встановити, що найбільш критичними зонами з «Істотним ризиком» є операція укладання сталевого профнастилу покрівлі

(ТО-03 — 15 балів), монтаж колон і ригелів каркаса (ТО-01 — 12 балів), встановлення великогабаритних стінових огорожень (ТО-04 — 12 балів) та нанесення вспушувальної вогнезахисної фарби (ТО-06 — 12 балів), які вимагають обов'язкового розроблення цільових інженерних систем захисту.

На основі отриманих результатів оцінювання розроблено розгалужений комплекс організаційних, технічних (інженерних) та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на корінне покращення санітарно-гігієнічних умов, огороження небезпечних зон, оптимізацію трудових процесів та мінімізацію рівня виробничого травматизму й профзахворюваності.

Запропоновані технічні рішення передбачають обов'язкове розгортання стаціонарних горизонтальних анкерних ліній («ліній життя») уздовж ферм покриття, інженерне дублювання вакуумних підйомників механічними текстильними стропами-ременями, застосування інверторів із блоками зниження напруги холостого ходу до 12 В, а також улаштування мобільних вентиляційних систем ВСП-5000 у відокремленому цеху кузовного ремонту площею 529,85 м². На організаційному рівні впроваджено систему триступеневого оперативного контролю, суворі обмеження на виконання робіт при швидкості вітру понад 10 м/с, нарядно-допускову систему та 100% забезпечення персоналу сертифікованими ЗІЗ.

Реалізація розроблених превентивних систем і заходів дозволяє знизити рівень професійних ризиків у середньому в 2,4–3 рази, повністю перевівши всі технологічні операції будівельного процесу в категорію «Помірних» та «Низьких» (прийнятних) ризиків. Це гарантує створення безпечного виробничого середовища, виключає економічні й соціальні збитки від аварій та забезпечує надійне, якісне й своєчасне виконання будівельно-монтажних робіт під час спорудження двоповерхової будівлі автосалону в місті Вінниця.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996
2. ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи. Норми проектування" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233
3. ДБН В.2.1-10-2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3082795291120764490
4. ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200410998024438840
5. ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200869840512354218?doc_type=2
6. ДСТУ EN 10219-1:2009 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10219-1:2006, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=55208
7. ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва» https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353
8. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичного заняття з навчальної дисципліни «Основи потокової організації будівельно-монтажних робіт» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)/ Бутнік, С.В. та Говоруха, І.В. Харків: ХНУМГ, 2025. 26 с. <https://eprints.kname.edu.ua/67708/>
9. Технологія монтажу будівельних конструкцій: Навчальний посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачєєв та ін.; За ред. В.К. Черненка. – Вид. 2-ге. – К.: Горобець Г.С., 2011 – 372 с.

10. Теліченко О.І., Нагорний М.В. Зведення і монтаж будівель та споруд : навч. пос. Суми : Видавництво СНАУ, 2020. 197 с.

11. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами та доповненнями). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61107

12. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII (зі змінами та доповненнями). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>

13. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» від 23.09.1999 № 1105-XIV (зі змінами та доповненнями).
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>

14. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.
https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610

15. НПАОП 45.2-7.03-17. Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-17#Text>

16. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

17. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48147

18. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>

19. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 246 від 21.05.2007 «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій».
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text>

20. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва.
https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353

21. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT). Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004

22. ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015 Настанова щодо влаштування суцільних захисних огорожень при зведенні каркасно-монолітних будівель.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63749

23. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Основні вимоги. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619