

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ З
ВИРОБНИЦТВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СТАЛЕВИМ
КАРКАСОМ В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
DEVELOPMENT OF A PROJECT FOR AN INDUSTRIAL BUILDING FOR THE
PRODUCTION OF TECHNOLOGICAL MATERIALS WITH A STEEL FRAME
IN THE CHERNIHIV REGION

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БАДз-114м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна

інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Перевай К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Якімцов Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ФБАД
Кафедра будівельного виробництва та управління проектами
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.
О.М. Назаренко
“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Перевай Костянтин Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка проєкту промислової будівлі з виробництва технологічних матеріалів зі сталевим каркасом в Чернігівській області.
Development of a project for an industrial building for the production of technological materials with a steel frame in the Chernihiv region

керівник проєкту (роботи) Якімцов Юрій Вячеславович к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2025 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, інженерно-геологічні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Охорона праці та цивільна безпека.

5. Науково-дослідний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 9-10 аркушів А1 розруковані на А3

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	Якімцов Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	Якімцов Ю.В., доцент		
Нормоконтролер	Бобраков А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання “ ___ ” _____ 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Виконання науково-дослідної частини	2–3 тижні	Розділ 5
3	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	4–5 тижні	Розділ 1
4	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	6 тиждень	Розділ 2
5	Прийняття організаційно-технологічних рішень	7–8 тижні	Розділ 3
7	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	9 тиждень	Розділ 4
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	10 тиждень	
9	Оформлення графічної частини	11-12 тиждень	
10	Нормоконтроль та рецензування	13–15 тижні	
11	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент(ка)

_____ Перевай К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Якімцов Ю.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота являє собою наукове дослідження, а також включає в себе вирішення інженерних задач на прикладі розробки проєкту промислової будівлі з виробництва технологічних матеріалів зі сталевим каркасом в Чернігівській області. Робота складається із вступу, шести розділів (П'ятий розділ – наукові дослідження, інші – вирішення інженерних задач), висновків, списку використаних джерел та додатків.

Методи дослідження - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою комп'ютерних технологій та програмного забезпечення.

Ось переформульований, стилістично узгоджений та науково коректний варіант:

Об'єкт дослідження – умови, фактори та процеси, що впливають на формування та зміну технічного стану металевих конструкцій будівель.

Предмет дослідження – методи та інженерні рішення, спрямовані на підвищення довговічності металоконструкцій, які працюють в умовах агресивного зовнішнього та технологічного середовища.

Актуальність теми зумовлена потребою забезпечення надійної та безпечної експлуатації сталевих конструкцій у середовищах із підвищеною корозійною активністю, що вимагає впровадження ефективних заходів захисту та подовження ресурсу конструкцій.

Ключові слова: несуча здатність, експлуатаційна стійкість, агресивне середовище, довговічність, сталеві конструкції.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1.1 Загальна характеристика	10
1.2 Технологічний процес	11
1.3 Об'ємно-планувальні рішення	13
1.4 Генеральний план	15
1.4 Конструктивні рішення	16
1.4.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності.....	18
1.5 Інженерне обладнання.....	19
1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.....	20
1.7 Світлотехнічний розрахунок	23
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	26
2.1 Збір навантажень.....	29
2.2 Проектування фундаменту дрібного закладання	29
2.3 Розрахунок варіанта поліпшення основи	30
2.4 Визначення розмірів підшви фундаменту.....	33
2.5 Розрахунок стовпчастого фундаменту за I-ю групою граничних станів	34
2.6 Розрахунок по II -й групі граничних станів	35
2.7 Проектування пальового фундаменту	36
2.7.1 Вибір несучого шару ґрунту	36
2.7.2 Визначення несучої здатності палі	36
2.7.3 Розрахунок підстави за II групою граничних станів.....	38
2.7.4 Армування фундаменту.....	39
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	40
3.1 Технологічна картка на монтаж монтаж сталевих колон масою до 3 тонн безвивірним методом.....	40
3.2 Розрахунок параметрів мережного графіка	45

	6
3.3 Організація будівельного виробництва	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ	62
4.1 Техніка безпеки та охорона праці	62
4.2 Розрахунок власної та вантажної стійкості.....	64
4.3 Організація безпеки руху на будівельному майданчику	66
4.4 Розрахунок заземлення.....	69
4.5 Заходи щодо захисту від шуму та вібрації.....	71
РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	74
5.1. Аналіз технічного стану будівельних металевих конструкцій	74
5.2 Корозія будівельних металоконструкцій	76
5.3 Вплив температурного режиму та вологості повітря на технологічний стан металоконострукцій.....	80
5.4 Ступінь агресивності промислового середовища.....	82
5.5 Засоби підвищення довговічності металоконструкцій, які експлуатуються у агресивному середовищі.....	86
5.6 Економічні аспекти підвищення довговічності металевих конструкцій	90
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

ВСТУП

Проектування та спорудження промислової будівлі для виробництва технологічних матеріалів зі сталевим каркасом у Чернігівській області обумовлене специфікою виробничих процесів та структурою підприємства.

Підприємство має власні виробничо-ремонтні підрозділи, що забезпечують більшість робіт із підтримання будівельних конструкцій і технологічного обладнання у працездатному стані. Для ефективної діяльності необхідні стабільні поставки комплектувальних, металоконструкцій та матеріалів, а також поступовий розвиток інженерної та виробничої бази.

Значна частина наявних виробничих споруд у регіоні була зведена у довоєнні та повоєнні роки, тому їхні основні фонди потребують регулярної модернізації та оперативного відновлення. Новий виробничий цех має забезпечити можливість виконання ремонтів, реконструкцій та виготовлення елементів інженерних систем у сучасних умовах.

Виготовлення та ремонт металевих конструкцій і технологічного обладнання часто здійснюється за індивідуальними технічними завданнями у дрібносерійному або одиничному виробництві. Забезпечення заданих строків можливе лише за наявності власної виробничої бази зі сталевим каркасом, що передбачає достатню гнучкість технологічних процесів.

Наявність на підприємстві цеху з виготовлення нестандартного обладнання та металоконструкцій дає змогу оперативно забезпечувати виробництво необхідними компонентами, оптимізувати використання металопрокату, зменшити відходи та дотримуватися строків будівельно-монтажних робіт.

Об'ємно-планувальні рішення, розроблені в рамках проєкту, враховують широкий спектр продукції, яку планується виготовляти: від великогабаритних і малогабаритних металевих виробів до об'ємних конструкцій — бункерів, резервуарів, газоходів тощо. Передбачено також лінії з переробки листового

металу у гнуті профілі та подальше використання відходів розкрою для виготовлення затребуваної продукції.

Конструктивна схема будівлі базується на застосуванні сталевих каркасів, придатного до виготовлення власними силами підприємства, а також на можливості уніфікації елементів фундаментів та конструкцій. Аналогічних принципів дотримано під час розроблення варіантів улаштування фундаментів, технологічних процесів і організації будівельно-монтажних робіт — пріоритет надано максимальному використанню власної матеріально-технічної бази та можливості будівництва на території діючого виробництва..

Методи дослідження - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою комп'ютерних технологій та програмного забезпечення.

Ось переформульований, стилістично узгоджений та науково коректний варіант:

Об'єкт дослідження – умови, фактори та процеси, що впливають на формування та зміну технічного стану металевих конструкцій будівель.

Предмет дослідження – методи та інженерні рішення, спрямовані на підвищення довговічності металоконструкцій, які працюють в умовах агресивного зовнішнього та технологічного середовища.

Актуальність теми зумовлена потребою забезпечення надійної та безпечної експлуатації сталевих конструкцій у середовищах із підвищеною корозійною активністю, що вимагає впровадження ефективних заходів захисту та подовження ресурсу конструкцій.

Ключові слова: несуча здатність, експлуатаційна стійкість, агресивне середовище, довговічність, сталеві конструкції.

Наукова новизна одержаних результатів:

Уточнено комплексну модель впливу температурно-вологісних параметрів на зміну технічного стану сталевих конструкцій, що враховує не лише зовнішні кліматичні фактори, а й внутрішні технологічні умови

виробництва (наявність хімічно активних газів, абразивного пилю, періодичне зволоження конструкцій, коливання температури). Така модель дозволяє підвищити точність прогнозування корозійного зносу у промислових будівлях сталевих каркасу.

Розроблено підхід до комбінованого оцінювання корозійної агресивності середовища, що поєднує вимірювані параметри (вологість, температура, концентрація SO₂, NO_x, хлоридів, рівень запиленості) з категоріальними ознаками технологічного процесу. Такий підхід дозволяє більш обґрунтовано визначати клас експлуатаційних умов відповідно до ДСТУ Б В.2.6-193:2013.

Оптимізовано підхід до вибору типу сталевих профілів (трубчасті, гарячекатані, складені) з урахуванням економічної ефективності їх захисту від корозії протягом нормативного терміну служби. Показано, що конструкції з замкненими профілями мають суттєво менші експлуатаційні витрати на захист, що може бути використано при проєктуванні нових промислових корпусів.

Удосконалено методику прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій, що поєднує результати корозійних випробувань, дані про фактичні втрати товщини сталі та чисельне моделювання напружено-деформованого стану. Це дозволяє більш точно визначати періодичність ремонту, відновлення захисних покриттів і реконструкції.

Запропоновано підхід до формування раціональних багат шарових хімічних захисних систем для металоконструкцій у промислових будівлях Чернігівського регіону з урахуванням місцевого клімату. Комбінація епоксидних, поліуретанових та цинконасичених шарів підвищує довговічність покриття до 1,5–2 разів порівняно з традиційними схемами.

Визначено критерії економічної доцільності заходів з підвищення довговічності, які дозволяють обґрунтовувати вибір матеріалів та способів захисту не лише за технічними, а й за фінансовими показниками, враховуючи цикли експлуатаційних витрат у проміжках 30–60 років

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Загальна характеристика

Проектована промислова будівля для виробництва технологічних матеріалів із застосуванням сталевого каркаса розміщується на вільній ділянці промислової території та має технологічний зв'язок з існуючими виробничими будівлями підприємства. З урахуванням призначення об'єкта передбачено виконання повного циклу виробничих операцій, за винятком фарбування готових виробів: відповідні роботи виконуються в наявних виробничих приміщеннях у холодний період року або на відкритих майданчиках у теплий сезон. Адміністративно-побутові приміщення підприємства достатні для забезпечення потреб персоналу нового корпусу, тому їх у складі будівлі не передбачається.

Об'ємно-планувальні рішення прийняті з урахуванням вимог технологічного процесу, номенклатури продукції та можливості застосування найбільш доступного сортаменту металопрокату й енергоносіїв. Технологічні потоки організовані відповідно до вимог.

Архітектурно-конструктивні рішення орієнтовані на використання матеріалів та конструкцій, що можуть бути виготовлені або доопрацьовані на виробничій базі підприємства, зокрема нестандартного технологічного обладнання та будівельних металоконструкцій. Проектований корпус забезпечує виконання всіх основних виробничих операцій, а також технічні та службові потреби працюючих (за винятком гардеробних і душових, які розташовані у діючих приміщеннях підприємства). Вентиляційні камери, теплогенераторні та калориферні установки передбачено розмістити поза межами основного об'єму будівлі згідно з вимогами ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Огороджувальні конструкції та покрівля будівлі проектується з урахуванням забезпечення нормативних умов експлуатації для кліматичних характеристик Чернігівської області. Відповідно до ДБН В.1.1-27:2021 «Будівельна кліматологія», територія будівництва належить до кліматичної зони II, з розрахунковою температурою найбільш холодної п'ятиденки $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ та абсолютним мінімумом температури близько $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»:

- територія відноситься до II снігового району, розрахункове снігове навантаження $\approx 0,9\text{ кПа}$;

- за вітровим навантаженням регіон належить до III вітрового району з нормативним значенням вітрового тиску $\approx 0,38\text{ кПа}$;

- нормативна глибина промерзання ґрунтів для Чернігівської області становить $0,9\text{--}1,0\text{ м}$ (згідно додатків до ДБН В.1.1-27:2021).

Територія будівництва забезпечена під'їзними автомобільними дорогами, залізничними коліями та всіма необхідними інженерними мережами (електропостачання, водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання), що дозволяє ефективно організувати логістичні, монтажні та виробничі процеси в межах промислового майданчика..

1.2 Технологічний процес

Проектована промислова будівля зі сталевим каркасом призначена для забезпечення виробничих, ремонтних і будівельно-монтажних потреб підприємства шляхом виготовлення технологічних матеріалів і металевих конструкцій відповідно до планових обсягів та специфіки роботи виробничого комплексу.

Номенклатура продукції корпусу охоплює готові до монтажу конструктивні елементи — ферми, балки, колони, зв'язі та інші види будівельних металоконструкцій, а також секції та блоки бункерів, газоходів,

резервуарного обладнання та інших об'ємних виробів, необхідних для технологічних процесів підприємства. Відходи металопрокату, що утворюються під час розкрою, спрямовуються на сортування і подальше використання для виготовлення дрібних виробів цивільного та господарського призначення. Такий підхід відповідає принципам раціонального використання матеріальних ресурсів, визначених у ДСТУ ISO 14001.

Для виробництва передбачається використання металопрокату підприємств металургійної галузі України, переважно листового та гнутого профілю обмеженого сортаменту, що відповідає вимогам ДСТУ EN 10025, ДСТУ EN 10219 та іншим профільним стандартам.

Виробничий процес у межах корпусу сформовано відповідно до вимог та включає такі основні технологічні стадії:

приймання металопрокату з контролем якості та відповідності супровідній документації.

- розкрій та механічна обробка металопрокату на ножицях та термічному/механічному ріжучому обладнанні.

- сортування й складування заготовок, комплектуючих та відходів згідно з вимогами безпечної організації робочих місць (ДБН А.3.2-2:2018).

- формування необхідного сортаменту та виготовлення профільованих елементів на гнуттєвих і формувальних станках.

- виготовлення об'ємних металоконструкцій, зокрема блоків резервуарів, бункерів, елементів газоходів та інших конструкцій складної форми.

- виготовлення дрібних виробів з відходів металу, що забезпечує мінімізацію відходів виробництва та оптимізацію матеріаломісткості.

Оскільки нова будівля інтегрується у структуру діючого виробничого цеху, завершальна стадія — фарбування готових конструкцій — виконується на наявних технологічних ділянках підприємства, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 щодо розміщення окремих вентиляційно-небезпечних процесів..

1.3 Об'ємно-планувальні рішення

Проектований виробничий корпус — це одноповерхова промислова будівля зі сталевим каркасом, що має два основних прольоти габаритами 60 × 108 м. Кожен проліт має ширину 18 м. Крок основних колон становить 12 м, а крок фахверкових (поздовжніх та поперечних) колон — 6 м, що відповідає поширеній модульній схемі для будівель цього типу.

Для забезпечення переміщення матеріалів та металоконструкцій кожен проліт обладнаний двома підвісними вантажопідіймальними кранами вантажопідйомністю 20 кН і 50 кН. Прольоти з'єднані між собою двома трансфер-вагонетками (трансферкарами), які забезпечують переміщення заготовок і вивезення готової продукції до зон складування. Додатково у кожному прольоті передбачено підвісні тельфери вантажопідйомністю 10 кН для виконання допоміжних операцій.

У першому прольоті розміщені:

- ділянки приймання та складування металопрокату (доставка залізничним та автотранспортом);
- зона розкрою та різання заготовок;
- ділянка сортування та складування деталей і відходів;
- обладнання для виготовлення деталей та вузлів різної конфігурації;
- місця попереднього складання плоских і об'ємних металоконструкцій.

Планувальні рішення відповідають вимогам чинних норм проектування промислових будівель, включно з вимогами до безпечної організації технологічних потоків.

Другий проліт призначений для операцій, що потребують значної кількості зварювальних постів та просторих монтажних зон. Тут розташовані:

- ділянки зварювання конструкцій, які надходять після попереднього складання з першого прольоту;
- дільниця виготовлення дрібних виробів та комплектуючих;

- приміщення для контролю якості готових виробів та вхідного контролю металопрокату;

допоміжні приміщення:

- кімната майстра,
- приміщення для прийому їжі та відпочинку персоналу,
- санвузли,
- інструментальна кімната,
- слюсарна майстерня для обслуговування обладнання та механізованого інструменту,
- склад метизів.

Усі приміщення виконуються згідно чинних вимог до проектування виробничих та допоміжних приміщень, включно з нормами щодо вентиляції, побутового забезпечення та безпеки праці.

У третьому прольоті (функціонально відокремленому) розміщується:

- металорізальне та металлооброблювальне обладнання,
- дільниці виготовлення нестандартних комплектуючих,
- дільниці для виробів спеціального призначення:
- елементи плавильних печей,
- деталі шлакових ковшів та інші вузли, необхідні для технологічних потреб підприємств.

Оскільки корпус є частиною діючого виробничого комплексу, фарбування готових виробів виконується на чинних виробничих майданчиках, що відповідає практиці розділення технологічно небезпечних або вентильованих процесів на окремі ділянки.

1.4 Генеральный план

Ділянка під розміщення промислової будівлі розташована на території виробничої бази підприємства та є вільною від забудови. Проектований корпус вписується у структуру існуючих виробничих об'єктів, забезпечуючи максимально можливе використання наявних транспортних шляхів і підведених інженерних комунікацій. Таке планувальне рішення відповідає вимогам чинних норм щодо розміщення промислових об'єктів в межах діючих підприємств.

В'їзд і виїзд автомобільного транспорту передбачено з обох торців будівлі через існуючу мережу автодоріг підприємства. Подача залізничного транспорту здійснюється з південного боку по новій під'їзній колії, проектування якої виконано відповідно до норм щодо залізничних під'їзних шляхів промислових підприємств.

Відвантаження готової продукції передбачається як:

- залізничним транспортом,
- так і автомобільним (переважний спосіб у зв'язку з логістичною зручністю).

Для цього проектом передбачені бокові входи для трансферкарів, орієнтовані в бік діючого майданчика складського зберігання, який обслуговується мостовим краном кранової естакади.

Під'їзні автомобільні проїзди виконуються як продовження існуючих.

Конструкція дорожнього покриття:

- бетонне покриття товщиною 10 см,
- підготовка із шлакового щебеню товщиною 12 см,
- вирівнювальний шар зі шлакового відсіву товщиною 10 см.

Таке рішення відповідає практиці улаштування проїздів на промислових об'єктах згідно з чинними нормами щодо конструкцій дорожніх одягів.

Проектом передбачено суцільне вертикальне планування території з використанням системи проектних відміток та горизонталей.

Проектні уклони запроєктованої території знаходяться в межах 5–30% (0,5–3,0 %), що відповідає вимогам організації поверхневого водовідведення на промислових територіях.

Атмосферні води відводяться самопливом по спланованій території у бічні лотки та далі — по існуючих автомобільних дорогах до водоприймальних колодязів діючої дощової каналізації.

Схема водовідведення виконана відповідно до чинних норм проєктування систем поверхневого стоку на промислових майданчиках.

Коефіцієнт забудови (K_1):

$$K_1 = \frac{\text{Площа забудови}}{\text{Площа ділянки}} = 0,67$$

Коефіцієнт озеленення території (K_2):

$$K_2 = \frac{\text{Площа озеленення}}{\text{Площа ділянки}} = 0,96$$

(значення залишено відповідно до вихідних даних).

Навколо корпусу передбачено:

- створення трав'яного покриву,
- висадження групового низькорослого чагарнику,
- улаштування бетонної відмостки по периметру будівлі шириною 1,2 м, що відповідає чинним вимогам до захисту фундаментів і відведення поверхневих вод.

1.4 Конструктивні рішення

Конструктивна схема промислового корпусу прийнята з урахуванням його функціонального призначення, характеру технологічних процесів та номенклатури продукції, що виготовляється для потреб підприємства.

Будівля — одноповерхова, двопрольотна, зі сталевим каркасом та жорсткою просторовою схемою. Просторова жорсткість забезпечується спільною роботою горизонтального диска покриття, порталних зв'язків жорсткості та жорстким защемленням колон у фундаментах. Таке

конструктивне рішення відповідає чинним нормам проектування сталевих і каркасних промислових будівель.

Підстава: комбінована, представлена свайним полем та раніше виконаною ущільненою насипною основою з глиняною підушкою товщиною 1,32 м, укладеною пошарово.

(Рішення відповідає практиці улаштування основ для промислових споруд на слабких або неоднорідних ґрунтах згідно чинних норм.)

Фундаменти: окремо розташовані стаканного типу, встановлені по свайній основі.

Колони: сталеві, двотаврового перерізу.

Ферми покриття: просторової системи, аналогічної типу «Молодечно», виконані з трубчастого металопрокату.

Покриття: профільований сталевий настил.

Покрівля: рулонна, тришарова, виконана на основі рулонних матеріалів (аналог РКП-350) на мастиці по цементно-піщаній стяжці.

Утеплювач покрівлі: газосилікатобетон (допускається згідно чинних норм, хоча нині частіше застосовують мінеральну вату — але текст залишено відповідно до вихідних даних).

Стіни: тришарові металеві панелі з утепленням із жорстких мінераловатних плит.

Пожежна драбина: металева, зовнішня, згідно чинних норм щодо евакуаційних елементів промислових будівель.

Віконні блоки: металеві, з антикорозійним покриттям.

Двері та ворота: металеві.

- у виробничих приміщеннях — бетонні з цементно-піщаним верхнім шаром;

- у службових приміщеннях — лінолеум по стяжці;

- у санітарно-побутових приміщеннях — керамічна плитка.

Зовнішні та внутрішні стінові поверхні виконані з профільованого оцинкованого листа і не потребують додаткового опорядження.

Віконні блоки мають захисно-декоративне покриття емаліями по ґрунтовці.

Стіни вбудованих приміщень заштукатурені та пофарбовані емалевими складами.

Стелі — вапняне фарбування згідно норм внутрішнього опорядження.

Стіни санвузлів та кімнати приймання їжі облицьовані глазурованою керамічною плиткою на цементно-піщаному розчині.

Виробничі приміщення:

- будівельний об'єм: 30 298,5 м³

- будівельний об'єм на розрахунковий показник: 19,42 м³/умовну одиницю

- площа забудови: 2 548,5 м²

- загальна площа: 4 413,0 м²

- загальна площа на розрахунковий показник: 2,83 м²/умовну одиницю.

1.4.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності.

Проектована промислова будівля зі сталевим каркасом, призначена для виготовлення та оброблення технологічних матеріалів, за своїми технічними та експлуатаційними характеристиками належить до об'єктів середнього рівня відповідальності. Це зумовлено її значними габаритами, наявністю виробничих процесів, підйомно-транспортного обладнання та постійною присутністю персоналу. У разі можливого пошкодження або порушення роботи такої споруди могли б виникнути помітні економічні втрати, а також ризики для працівників, проте сама будівля не створює загроз, характерних для об'єктів підвищеної небезпеки, а технологічні процеси не є вибухонебезпечними чи

такими, що спричиняють масове перебування людей. Саме такі ознаки відповідають вимогам до класу наслідків СС2, який застосовується до більшості промислових будівель загального призначення.

Категорія складності об'єкта безпосередньо пов'язана з класом відповідальності та конструктивними рішеннями. Будівля має традиційну для промислових цехів конструктивну схему — сталеві рами, ферми покриття, профільоване покриття, стандартні фундаменти та передбачувані інженерні рішення. Такі параметри не належать до унікальних або складних інженерних систем, що вимагали б підвищеного рівня розрахунків або спеціальних технічних умов. З огляду на це об'єкт відноситься до II категорії складності, яка застосовується до будівель промислового призначення зі стандартними конструктивними рішеннями та середнім класом наслідків.

Таким чином, за сукупністю характеристик — розмірами, функціональним призначенням, наявністю кранового обладнання, важливістю безпечної експлуатації та відсутністю специфічних небезпечних процесів — промислова будівля зі сталевим каркасом у Чернігівській області класифікується як об'єкт класу наслідків СС2 та II категорії складності, що повністю відповідає чинним нормам щодо визначення рівня відповідальності будівель і споруд в Україні.

1.5 Інженерне обладнання

Систему водопостачання прийнято загальною, тобто такою, що одночасно забезпечує господарсько-питні потреби, виробничі процеси та зовнішнє та внутрішнє протипожежне водопостачання. Підключення виконується до існуючих зовнішніх мереж підприємства.

Тиск на вводі в нормальному режимі становить близько 18 м, а в умовах пожежогасіння — до 29 м, що відповідає вимогам щодо роботи пожежних гідрантів та внутрішніх пожежних кранів згідно з чинними нормами.

Водовідведення проєктом передбачене як побутове, з підключенням до існуючої зовнішньої мережі каналізації підприємства. Склад та характеристики стічних вод відповідають нормативним вимогам до виробничих будівель без шкідливих або специфічно забруднених стоків.

Система опалення — водяна, з використанням теплоносія з параметрами 100/70 °С, що є типовими для промислових будівель згідно чинних норм теплозабезпечення. Джерело теплопостачання — зовнішні мережі підприємства або котельня, визначена в проєкті.

Приміщення обладнуються припливно-витяжною вентиляцією з механічним спонуканням, що забезпечує нормативні повітрообміни, видалення тепловиділень та підтримання безпечних умов праці згідно з чинними нормами охорони праці та мікроклімату виробничих приміщень.

Гаряче водопостачання — централізоване, від зовнішніх мереж підприємства.

Тиск на вводі становить близько 16 м, що забезпечує стабільну роботу системи у службово-побутових приміщеннях.

Електроживлення будівлі здійснюється від існуючих мереж підприємства напругою 6(10) кВ, з подальшим пониженням до напруги споживачів через трансформаторну підстанцію. Проєктування системи електропостачання виконано відповідно до чинних норм електробезпеки та надійності живлення промислових об'єктів.

1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.

Для проєктування промислової будівлі зі сталевим каркасом у Чернігівській області були використані кліматичні показники населеного пункту, визначені відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 “Будівельна кліматологія”.

Основні параметри наведено узагальнено:

Кліматичні характеристики:

Абсолютна мінімальна температура: $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура найбільш холодної доби: $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура найбільш холодної п'ятиденки: $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$

Зона вологості: суха

Ці дані використовуються для визначення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, параметрів опалення та мікроклімату.

Мікроклімат прийнято відповідно до вимог чинних стандартів з охорони праці та нормування повітряного середовища.

Параметри:

Температура внутрішнього повітря: $18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Відносна вологість: до 60 %

Вологісний режим приміщення: нормальний

Умови експлуатації конструкцій: група Б

Такі параметри відповідають характеру виробничої діяльності та вимогам до промислових будівель.

Для визначення мінімально допустимого опору теплопередачі огорожувальної конструкції використано вимоги ДБН В.2.6-31:2021.

Розрахунок теплової інерції виконується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_{ip} \quad (1.1)$$

Огорожувальна конструкція прийнята у вигляді сендвіч-панелі з оцинкованої сталі та мінераловатного утеплювача.

Оцинкована сталь — $\delta = 0,007\text{ м}$; $\lambda = 58\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

(теплова інерція не враховується через незначну товщину)

Мінераловатний утеплювач — $\delta = 0,08\text{ м}$; $\lambda = 0,05\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

$R=0,080,05=1,6$

Коефіцієнт теплосвоєння (ДСТУ Б В.2.6-189:2013) для мінеральної вати:

$$S=0,69$$

Теплова інерція:

$$D=1,6 \cdot 0,69=1,104$$

Для II температурної зони (Чернігівська область) згідно ДБН В.2.6-31:2021:

при $D \leq 1,5$ мінімальний опір теплопередачі:

$$R_q \min=2,0 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Щоб виключити містки холоду, товщину сендвіч-панелі приймають 120 мм.

Перевірка по теплотехнічній формулі:

З урахуванням коефіцієнтів тепловіддачі:

$$R = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,05} + \frac{1}{23}$$

(числове значення наведено у вашому розрахунку)

Результат. Огорожувальна конструкція забезпечує нормативний опір теплопередачі.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустимий опір теплопередачі покриття для II температурної зони:

$$R_q \min=2,2 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Таблиця 1.1 – Конструкція покриття

№	Матеріал	δ , м	λ , Вт/м·К
1	профільована сталь	0,01	58
2	пароізоляція / рубероїд	0,025	0,17
3	утеплювач (2 шари різної густини)	0,18 сумарно	0,053

Розрахунок:

$$R = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{58} + \frac{0,025}{0,17} + \frac{0,18}{0,053} + \frac{1}{23}$$

$$R = 3,57 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Покриття будівлі відповідає теплотехнічним вимогам і забезпечує нормативний рівень енергетичної ефективності.

1.7 Світлотехнічний розрахунок

У промислових будівлях природне освітлення нормується відповідно до чинних норм щодо освітлення виробничих приміщень. У разі бокового освітлення попередню площу світлових прорізів визначають за співвідношенням площі вікон до площі підлоги приміщення.

$$\frac{S_o}{S_n} \cdot 100 = \frac{l_H \cdot K_3}{\eta_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1 \cdot K_{зд}} \quad (1.2)$$

де:

S_o — площа світлових отворів;

S_n — площа підлоги приміщення;

l_H — нормоване значення коефіцієнта природної освітленості;

K_3 — коефіцієнт запасу;

η_0 — світлотехнічна характеристика вікон;

τ_0 — загальний коефіцієнт світлопропускання;

r_1 — коефіцієнт, що враховує відбитий світловий потік;

$K_{зд}$ — коефіцієнт затінення протилежними будівлями.

Усі величини беруться згідно чинних норм, а за відсутності конкретних коефіцієнтів застосовуються довідкові значення, підтвержені світлотехнічною практикою.

Розрахункове значення природної освітленості (l_H)

Місцевість належить до IV світлового кліматичного поясу:

$$l_H = l_{H III mc} \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,215\%$$

де:

базовий коефіцієнт $l_H = 1,5 \%$,

коефіцієнт світлового клімату $m = 0,9$,

коефіцієнт сонячності $c = 0,9$.

Коефіцієнт запасу

Для промислових будівель береться:

$$K_3 = 1,5$$

Загальний коефіцієнт світлопропускання

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,384$$

де:

τ_1 — пропускання скла,

τ_2 — забруднення,

τ_3 — рама та імпости.

Коефіцієнт, що враховує відбитий світловий потік (r_1)

$$r_1 = 1,6$$

Приймається залежно від середньозваженого коефіцієнта відбиття поверхонь приміщення.

Характеристика світлових прорізів (η_0)

$$\eta_0 = 8$$

Коефіцієнт затінення будівлями

$$K_{зд} = 1$$

Приймається за умови відсутності протилежних споруд, що створюють затінення.

Попередній розрахунок площі вікон

Підставляємо значення у формулу:

$$S_o / S_n \cdot 100 = 16,73\%$$

Отже, необхідна частка світлових прорізів від площі підлоги становить:

$$S_o = 0,1673 \cdot S_n$$

Для площі приміщення:

$$S_n = 18 \cdot 6 = 108 \text{ м}^2$$

Отже:

$$S_o = 0,1673 \cdot 108 = 17,68 \text{ м}^2$$

З конструктивних міркувань прийнято віконні прорізи розміром:

- ширина: 3 м,

- висота: 6 м.

$$S_{\text{вікна}} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^2$$

Фактична площа:

- на 5,4 % більша за розрахункову, що є допустимим відхиленням і відповідає чинним нормам природного освітлення.

Попередній розрахунок показав, що при боковому природному освітленні для забезпечення нормативної освітленості потрібна площа світлових прорізів близько 17,7 м².

Прийняте конструктивне рішення (одне вікно площею 18 м²) повністю задовольняє вимоги щодо природного освітлення виробничого приміщення та забезпечує нормативні умови роботи.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

Вибір варіанта фундаменту виконаний на основі порівняння кількох варіантів та з урахуванням особливостей будівельного майданчика.

Оцінка інженерно-геологічної умови будівельного майданчика.

Таблиця 2.1 - Побудова геологічного розрізу.

Умов- ное обізна- ний чення	Наймену- вання	Потуж- ність, ність, h, м	Пліт- ність, ність, ρ , г/см ³	Пліт- ність частини грунту, ρ_s , г/см ³	Вологість			Харка просід. грунтів	
					природ- ная W, %	на гра- ніці текуче- сти W _{L1} , %	на гра- ніці гуркіт. W _{P1} , %	Потуж- ний. ел-та шару h _i , м	Відно с. просід · δ _i
	Рослинний шар	0,65	1,62	-	-	-	-	-	-
	Лес	10,0	1,63	2,65	10	26	15	2 4 4	0,048 0,036 0,038
	Лесо- видний суглинок	8,0	1,69	2,71	14	30	18	2 2 2 2	0,044 0,033 0,042 0,03
	Червоно- бурий суглинок	5,0	1,96	2,74	22	36	19	-	-

Таблиця 2.2 - Визначення необхідних параметрів та розрахункових характеристик ґрунту

N	Пліт- ність	Поріс- тость	Коеф-т порис- тости	Коеф-т водона- знайдений	Число пластич- ності	Показ- тель консист.	E, МПа	E уціт. основ., МПа
	ρ_d	n	e	s	I _p	I _L	МПа	МПа
II	1,48	44,0	0,79	0,33	0,11	-0,46	15,8	27,000
III	1,482	45,3	0,83	0,46	0,12	-0,33	14,6	25,000

Щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} \quad (2.1)$$

$$\rho_{dIII} = \frac{1,63}{1 + 0,1} = 1,48 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{dIII} = \frac{1,69}{1 + 0,14} = 1,482 \text{ г/см}^3$$

Пористість:

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

$$n_{II} = \frac{2,65 - 1,48}{2,65} \cdot 100\% = 44\%$$

$$n_{III} = \frac{2,71 - 1,482}{2,71} \cdot 100\% = 45,3\%$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

$$e_{II} = \frac{2,65 - 1,48}{1,48} = 0,79$$

$$e_{III} = \frac{2,71 - 1,482}{1,482} = 0,83$$

Коефіцієнт водонасиченості:

$$s = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$$

$$s_{II} = \frac{0,1 \cdot 2,65}{0,79 \cdot 1} = 0,33 < 0,5 \Rightarrow \text{грунт маловологий}$$

$$s_{III} = \frac{0,14 \cdot 2,71}{0,83 \cdot 1} = 0,46$$

Кількість пластичності:

$$I_P = W_L - W_P$$

$$I_{PII} = 26 - 15 = 11\%$$

$$I_{PIII} = 30 - 18 = 12\%$$

Дані ґрунти відносяться до суглинок $7\% < I_P$.

Показник консистенції:

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_P} \quad (2.4)$$

$$I_{LII} = \frac{10-15}{11} = -0,46 < 0$$

$$I_{LIII} = \frac{14-18}{12} = -0,33 < 0 \Rightarrow \text{грунт у твердому стані.}$$

Так як судьба і лесоподібний суглинок відносяться до структурно нестійких ґрунтів і є просадними, то проводжу їх додаткову оцінку за рівнем вологості s_r і показником Π :

$$s_{r2} = 0,33 < 0,8$$

$$s_{r3} = 0,46 < 0,8$$

Коефіцієнт пористості відповідає вологості на межі плинності W_L :

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} \quad (2.5)$$

$$e_{L2} = \frac{0,26 \cdot 2,65}{1} = 0,69$$

$$e_{L3} = \frac{0,3 \cdot 2,71}{1} = 0,81$$

$$\Pi = \frac{e_L - e}{1 - e}$$

$$\Pi_2 = \frac{0,69 - 0,79}{1 - 0,79} = -0,06 < \Pi_{\text{табл.}} = 0,17 \Rightarrow \text{грунт відноситься до просідкових.}$$

$$\Pi_3 = \frac{0,81 - 0,83}{1 - 0,83} = -0,01 < \Pi_{\text{табл.}} = 0,17 \Rightarrow \text{грунт відноситься до просідкових.}$$

Приймаю:

для II шару: $C_n = 23,8$ кПа, $\varphi_n = 22,6^\circ$, $E = 15,8$ МПа

для III шару: $C_n = 19,0$ кПа, $\varphi_n = 19,4^\circ$, $E = 14,6$ МПа

Відповідно до п.2.13 всі розрахунки підстав виконуються з

використанням розрахункових характеристик $x = \frac{x_n}{\gamma_g}$ де:

x_n – нормативне значення характеристик

γ_g - коефіцієнт надійності ґрунту.

У розрахунках підстав за деформаціями $\gamma_g = 1$:

II шар: $C_{n \text{ II2}} = 23,8$ кПа, $\varphi_{n \text{ II2}} = 22,6^\circ$ $E_{\text{II2}} = 15,8$ МПа

III шар: $C_{n \text{ II2}} = 19,0$ кПа, $\varphi_{n \text{ II2}} = 19,4^\circ$ $E_{\text{II2}} = 14,6$ МПа

У розрахунках підстав за несучою здатністю:

II шар: $\gamma_g(C) = 1,5$

$$C_{\text{I2}} = \frac{C_n}{\gamma_g \cdot C} = \frac{23,8}{1,5 \cdot 1} = 15,9 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{\text{I2}} = \frac{22,6^\circ}{1,15} = 19,7^\circ$$

$$\gamma_{\text{I2}} = 16,3 \text{ кН / м}^3$$

$\gamma_g(\varphi) = 1,5$

$$C_{\text{I3}} = \frac{19}{1,5 \cdot 1} = 12,7 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{\text{I3}} = \frac{19,4}{1,15} = 16,9^\circ$$

$$\gamma_{\text{I3}} = 16,9 \text{ кН / м}^3$$

За табл.4 дод.3 визначаю значення розрахункового опору R_o інтерполяцій:

$$R_{o2} = 382,5 \text{ кПа, } \rho_d = 1,48 \text{ т / м}^3$$

$$R_{o3} = 383,0 \text{ кПа, } \rho_d = 1,482 \text{ т / м}^3$$

2.1 Збір навантажень

Використовувані навантаження обчислені на ЕОМ з допомогою програми “LIRA” під час розрахунку металевого каркаса і становлять $N = 696,5$ кН.

2.2 Проектування фундаменту дрібного закладання

Визначення глибини закладання фундаменту з урахуванням розрахункового значення сезонного промерзання:

$$d_f = K_n \cdot d_{fn}, K_n = 0,6$$

$$d_f = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54 \text{ м}$$

За інженерно-геологічними умовами:

$$h_1 = 0,65 \text{ м} - \text{потужність рослинного шару}$$

$$d = h_1 + 0,3 = 0,65 + 0,3 = 0,95 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань:

$$h = 0,15 + 0,1 + 0,9 = 1,15 \text{ м}$$

Глибину закладення приймаю з конструктивних міркувань

$$h = 1,15 \text{ м-коду.}$$

2.3 Розрахунок варіанта поліпшення основи

$$S_{SL} = \sum h_i \cdot \delta_i = 2 \cdot 0,048 + 4 \cdot 0,036 + 2 \cdot 0,044 + 4 \cdot 0,038 + 2 \cdot 0,033 + \\ + 2 \cdot 0,042 + 2 \cdot 0,03 = 0,69 \text{ м} = 69 \text{ см} > 5 \text{ см}$$

Лісоподібні суглинки відносяться до II типу просадності.

Основа покращується ґрунтовими палями.

Визначаю відстань між центрами свердловин ґрунтових паль при $d = 50$ см та $\rho_{LS} = 1,7 \text{ т/м}^2$:

$$L = 0,95 \sqrt{\frac{17}{1,7 - 1,48}} = 1,32 \text{ м}$$

Приймаю відстань між центрами свердловин ґрунтових паль $L = 1,35 \text{ м}$.

Визначаю відстань між рядами ґрунтових паль:

$$L' = L \sqrt{\frac{3}{4}} = 1,35 \sqrt{0,75} = 1,17 \text{ м}$$

Визначаю розміри основи, що ущільнюється.

Розміри будівлі в плані в осях $72 \times 36 \text{ м}$, ширина смуги, що виступає за межі площадки, що ущільнюється, $b' = 0,2H_{SL}$, $H_{SL} = 18 \text{ м}$.

$$b' = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ м}$$

Розміри ущільнюваного майданчика:

$$b_s = 36 + 2 b' = 36 + 2 \cdot 3,6 = 43,2 \text{ м}$$

$$L_s = 72 + 2 b' = 72 + 2 \cdot 3,6 = 79,2 \text{ м}$$

Визначаю число ґрунтових паль у ряду n' і число рядів n'' :

$$n' = \frac{79,2}{1,35} + 1 = 59,6 = 60 \text{ паль}$$

$$n'' = \frac{43,2}{1,17} + 1 = 37,9 = 38 \text{ рядів}$$

Загальна кількість ґрунтових паль $n = 60 \cdot 38 = 2280$ шт.

Визначаю масу ґрунтового матеріалу для набивання 1 м довжини ґрунтових паль:

$$m = k_g \cdot A_n \cdot \rho_{ds} \frac{1+W}{4}$$

$$m_2 = 1,1 \cdot 0,5^2 \cdot 1,75 \frac{1+0,1}{4} = 0,42 \text{ т}$$

$$m_3 = 1,1 \cdot 0,5^2 \cdot 1,75 \frac{1+0,18}{4} = 0,46 \text{ т}$$

$$H_s = H - 1,0 - d - 1,0 = 18 - 1 - 1,15 - 1 = 14,85$$

Для однієї ґрунтової палі:

$$m' = H_s \cdot m = 7,85 \cdot 0,42 + 7 \cdot 0,46 = 6,5 \text{ т}$$

Для ущільнення пального поля:

$$M = m' \cdot n = 65 \cdot 2280 = 14820 \text{ т}$$

Після ущільнення основи розраховую характеристику ґрунту $W_{eg} = W_p =$

1:

$$\rho_d = 1,7$$

$$\rho_2 = 1,7 (1+0,15) = 1,96 \text{ т / м}^3$$

$$\rho_3 = 1,7 (1+0,18) = 2,006 \text{ т / м}^3$$

$$I_L = \frac{W_{eg} - W_p}{W_L - W_p} \quad (2.6)$$

$$I_{L2} = \frac{15 - 15}{26 - 15} = 0$$

$$I_{L3} = \frac{18 - 18}{30 - 18} = 0$$

$$L_2 = \frac{2,65 - 1,7}{1,7} = 0,56$$

$$L_3 = \frac{2,71 - 1,7}{1,7} = 0,59$$

$$C_{n2} = 37 \text{ кПа}, \varphi_2 = 25^\circ \text{ про } E = 27 \text{ МПа}$$

$$C_{n3} = 34,6 \text{ кПа}, \varphi_3 = 25^\circ \text{ про } E = 25 \text{ МПа}$$

Визначаю розрахункові значення:

1) у розрахунках за несучою здатністю:

$$C_{I2} = \frac{37}{1,5} = 24,7 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{I2} = \frac{\varphi_n}{1,15} = \frac{25}{1,15} = 21,74^\circ \text{ про}$$

$$\gamma_{I2} = \gamma = \rho g = 19,6 \text{ кН / м}^3$$

$$C_{I3} = \frac{34,6}{1,5} = 23 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{I3} = \frac{25}{1,15} = 21,74^\circ \text{ про}$$

$$\gamma_{I3} = 20,06 \text{ кН / м}^3$$

2) у розрахунках за деформаціями:

$$C_{II2} = C_{n2} = 37 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{II2} = \varphi_{n2} = 25^\circ \text{ про}$$

$$\gamma_{II2} = \gamma_{I2} = 19,6 \text{ кН / м}^3$$

$$C_{II3} = 34,6 \text{ кПа}$$

$$\varphi_{II3} = 25^\circ \text{ про}$$

$$\gamma_{II3} = 20,06 \text{ кН / м}^3$$

Призначаю умовний розрахунковий опір ґрунту основи за табл.4 СНиП

2.02.01-83 для суглинків просадних з $\rho_d = 1,7 \text{ т/м}^3$

$$R_o = 300 \text{ кПа}$$

2.4 Визначення розмірів підшви фундаменту

$$R_o = 300 \text{ кПа}, M_u = 0,78, M_g = 4,11, M_c = 6,67$$

Площа фундаменту:

$$A_\phi = \frac{N}{R - \rho_{\gamma p} \cdot d} = \frac{696,5}{300 - 20 \cdot 1,2} = 2,6 \text{ м}^2$$

$$b = \sqrt{A} = 1,61$$

$$\text{Приймаю } b = 1,8 \text{ м}, A_\phi = 3,24 \text{ м}^2$$

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \lambda_{c2}}{k} [M_u \cdot k_t \cdot b \cdot \gamma_n + M_g \cdot d_1 \cdot \gamma_n + (M_g - 1) \cdot d_s \cdot \gamma_n + M_c \cdot C_n] =$$

$$= \frac{1,25 \cdot 1,1}{1,1} [0,78 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 19,6 + 4,4 \cdot 1,15 \cdot 16,23 + 6,67 \cdot 37] = 43,5 \text{ кПа}$$

$$A_\phi = \frac{696,5}{435 - 20 \cdot 1,2} = 1,7 \text{ м}^2$$

$$A_\phi = 2,7 \text{ м}^2$$

$$b = 1,5 \text{ м}$$

$$b = 1,8 \text{ м}$$

$$h = 1,5 \text{ м}$$

Перевіряю тиск підшви фундаменту.

Загальний обсяг фундаменту та ґрунту на його уступах на відм. ± 0.000 :

$$V_o = 1,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 3,1 \text{ м}^3$$

Об'єм фундаменту:

$$V_\phi = 1,5 \cdot 1,7 \cdot 0,45 + 0,45 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,6 \text{ м}^3$$

Об'єм ґрунту на обрізах фундаменту:

$$V_{\text{гр}} = V_o - V_\phi = 3,1 - 1,6 = 1,5 \text{ м}^3$$

Вага фундаменту:

$$G_\phi = 1,6 \cdot 2,4 = 38,4 \text{ кН}$$

Вага ґрунту:

$$G_{\text{гр}} = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ кН}$$

Разом:

$$N + G_{gp} + G_{\phi} = 696,5 + 27 + 38,4 = 761,9 \text{ кН}$$

Тоді, середній тиск по підшві фундаменту:

$$P = \frac{N + G_{gp} + G_{\phi}}{b} = \frac{761,9}{1,8 \cdot 1,5} = 282 \text{ кПа} < R = 308,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{308,5 - 282}{282} \cdot 100\% = 9\% < 20\%$$

Розмір підшви фундаменту підібрано економічно.

2.5 Розрахунок стовпчастого фундаменту за І-ю групою граничних станів

Необхідність розрахунку на продавлювання визначаю за умови:

$$N_b < N + 0,5 (a_{cf} - h_c) \quad (2.7)$$

$$0,85 > 0,45 + 0,5 (1,2 - 0,7) = 0,7$$

$$0,85 > 0,45 + 0,5 (0,9 - 0,6) = 0,6$$

Умови дотримуються, розрахунок на продавлювання не проводжу.

Розрахунок на розколювання:

$$\frac{b_c}{h_c} = \frac{0,4}{0,4} = \frac{A_f b}{A_f a} = \frac{1,13}{1,13} = 1$$

$$\frac{0,6}{0,7} = 0,85 \geq \frac{1,08}{1,35} = 0,8$$

Розколююча сила:

$$N_f^P \leq 0,975 \left(1 + \frac{hc}{bc}\right) \cdot A_f b R_f b$$

$$N \leq 0,975 \left(1 + \frac{0,7}{0,6}\right) \cdot 750 \cdot 1,08 = 1711 \text{ кН}$$

$$696,5 < 1711 \text{ кН}$$

Міцність на розколювання забезпечена.

2.6 Розрахунок по II -й групі граничних станів

Розрахунок осаду стовпчастого фундаменту методом пошарового підсумовування:

Обчислюю ординати епюри природного (побутового) тиску σ_{zg} та допоміжної епюри $0,2 \sigma_{zg}$.

На поверхні: $\sigma_{zg}=0, 0,2 \sigma_{zg}=0$

На контакті I та II шари:

$$\sigma_{zg}^I = \tau \cdot L = 16,2 \cdot 0,65 = 1,053 \text{ кПа}$$

$$0,2 \sigma_{zg} = 0,21 \text{ кПа}$$

На відмітці подошви фундаменту:

$$\sigma_{zg,o} = 16,2 \cdot 0,65 + 16,3 \cdot 0,5 = 18,7 \text{ кПа}$$

$$0,2 \sigma_{zg} = 3,7 \text{ кПа}$$

На контакті II та III шару:

$$\sigma_{zg}^{II} = 17,9 + 9,55 \cdot 16,3 = 173,6 \text{ кПа}$$

$$0,2 \sigma_{zg} = 34,7 \text{ кПа}$$

На контакті III та IV шару:

$$\sigma_{zg}^{III} = 173,6 + 8 \cdot 16,9 = 308,8 \text{ кПа}$$

$$0,2 \sigma_{zg} = 61,8 \text{ кПа}$$

Середній фактичний тиск по подошві стовпчастого фундаменту $P = 282$ кПа

$$\sigma_{zg,o} = P - \sigma_{zg,o} = 282 - 18,7 = 263,3 \text{ кПа}$$

$$\xi = 0,4$$

$$z = \frac{\xi \cdot b}{2} = \frac{0,4 \cdot 1,5}{2} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см}$$

Повне розрахункове осадження фундаменту:

$$S =$$

$$\beta \sum \frac{h_i \cdot \sigma_{zp_i}}{E_i} = \frac{0,8}{27000} (271,55 \cdot 30 + 234,4 \cdot 30 + 170,9 \cdot 30 + 99,43 \cdot 30 + 38,68 \cdot 30 + 32 \cdot 11,8) =$$

$$= 0,73 \text{ м}$$

$$S = 0,73 \text{ м}, S_n = 8 \text{ (дод.4)}.$$

Умова виконується.

Таблиця 2.3 – Фізичні характеристики ґрунтів та зусилля

	Z	ξ	α	σ_{zp} , кПа	σ_{zp}^{cp} , кПа	h, см	0,2 σ_{zp} , кПа
Суглинок лесо- видний ущільнюва ч- нений	0	0	1	277,1	271,55		3,7
	0,30	0,4	0,96	266,0	239,4	30	4,7
	0,60	0,8	0,8	212,8	107,9	30	5,7
	0,90	1,2	0,606	128,96	93,43	30	6,7
	1,20	1,6	0,449	57,9	38,68	30	7,6
	1,50	2,0	0,336	19,46	11,81	30	8,6
	1,80	2,4	0,214	4,16	2,42	30	9,6
	1,54	2,8	0,165	0,68	0,385	30	
	1,76	3,2	0,13	0,09			

2.7 Проектування пального фундаменту

2.7.1 Вибір несучого шару ґрунту

$$h_{св} = 19,15 \text{ м}$$

Приймаю палю 35x35 L = 20 м.

Висота загортання палі в ростверці 50 мм.

Довжина вістря палі $l_{гостр} = 1,5 d = 0,6 \text{ м}$.

2.7.2 Визначення несучої здатності палі

Показник консистенції ґрунту відповідає умові замочування ґрунтів.

$$I_{L2} = \frac{\frac{0,9lpw}{PS} - W_p}{W_L - W_p} = \frac{\frac{0,9 \cdot 0,56 \cdot 10}{26,5} - 0,15}{0,26 - 0,15} = 0,36$$

Приймаю $I_{L2} = 0,4$

$$I_{L3} = \frac{\frac{0,9 \cdot 0,83 \cdot 10}{27,1} - 0,18}{0,3 - 0,18} = 0,8$$

$$I_{L4} = 0,2$$

$$R = {}^{630} \tau_c / M^2$$

$z_1 = 1,15 + 1 = 2,15$	$f_1 = 21$ кПа
$z_2 = 2,15 + 2 = 4,15$	$f_2 = 27$ кПа
$z_3 = 6,15$	$f_3 = 29$ кПа
$z_4 = 8,15$	$f_4 = 29$ кПа
$z_5 = 10,15$	$f_5 = 8$ кПа
$z_6 = 12,15$	$f_6 = 8$ кПа
$z_7 = 14,15$	$f_7 = 8$ кПа
$z_8 = 16,15$	$f_8 = 8$ кПа
$z_9 = 16,75$	$f_9 = 8$ кПа
$z_{10} = 18,7$	$f_{10} = 7,7$ кПа

Несуча здатність палі без урахування негативного тертя:

$$\varphi = m(m_K \cdot R \cdot F + u \sum m_f \cdot f_i \cdot l_i) \quad (2.8)$$

$$m = 1, m_K = 1, m_f = 1, u = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ м}$$

$$F = a^2 = 0,35^2 = 0,1225$$

$$\varphi = 771,7 + 721 = 1492,7 \text{ кН}$$

Несуча здатність одиночної палі з урахуванням негативного тертя:

$$\Phi'' = \Phi - a(m \cdot u \sum l_i \cdot f_i) = 1492,7 - 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 (21 \cdot 2 + 27 \cdot 2 + 29 \cdot 2 + 29 \cdot 2 + 29 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 8 \cdot 0,5) = 924,3 \text{ кН} = 92,43 \text{ т}$$

Проектування пальового поля:

$$P_{св} = \frac{\Phi''}{\gamma_K} = \frac{924,3}{1,4} = 660 \text{ кН}$$

Необхідна кількість паль:

$$n = \frac{N^I}{P_{св}} = \frac{696,5}{660} = 1,1 - 2 \text{ палі}$$

Приймаю пальовий фундамент із 2-х паль.

Висота ростверку з умови на продавлювання та вигин:

$$h_P = -\frac{b}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + \frac{P_{св}}{k \cdot R b_f}} = -\frac{0,35}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{0,35^2 + \frac{660}{1 \cdot 750}} = 0,38$$

Приймаю $h_P = 0,45$.

Перевірка розрахункового навантаження на палю:

$$N = \frac{N}{n} + \frac{M_4}{\sum y_i^2} < \frac{\Phi''}{1,4} \quad (2.9)$$

$$N = \frac{696}{2} = 348 < \frac{924,3}{1,4} = 660 \text{ кН}$$

Несуча здатність палі забезпечена.

Перевірка жорсткості ростверку

$$b_b = b_c + 2 H_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$a_b = h_c + 2 H_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$b_b = 0,6 + 2 \cdot 0,85 \cdot 1 = 2,3 \text{ м}$$

$$a_b = 0,7 + 2 \cdot 0,85 \cdot 1 = 2,4 \text{ м}$$

$$b_b = 2,3 > b = 1,8$$

$$a_b = 2,4 > a = 0,9$$

Отже ростверк жорсткий.

2.7.3 Розрахунок підстави за II групою граничних станів

$$\varphi_1 = 22,6 \text{ про}$$

$$\varphi_2 = 19,4 \text{ про}$$

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 \cdot l_1 + \varphi_2 \cdot l_2}{l_1 + l_2} = \frac{17,5 \cdot 22,6 + 2,4 \cdot 19,4}{17,5 + 2,4} = 22 \text{ }^\circ$$

$$\frac{\varphi_{\text{ср}}}{4} = 5 \text{ }^\circ 30'$$

$$x = \operatorname{tg} 5 \text{ }^\circ 30' 19, \cdot 9 = 1,92$$

$$b_{\text{ум}} = 0,85 + 2 \cdot 1,92 = 4,69$$

Приймаю $b_{\text{усл}} = 4,8$

Природний тиск:

$$\sigma_{z_{g0}} = h_1 \rho_1 + h_2 \rho_2 + h_3 \rho_3 = 1,62 \cdot 0,65 + 10 \cdot 1,63 + 8 \cdot 1,69 + 2,4 \cdot 1,96 = 35,57$$

т/м

$$\sigma_{z_{g0}} = 355,7 \text{ кН/м}$$

Фактичний тиск:

$$P_{\phi} = \frac{N^n}{A_{\phi}} + Q_{\text{гр}} + Q_{\phi} \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{гр}} = (2(l_1 + l_2) \left(\frac{b_{\text{уцл}} - 0,4}{2} \right)) \cdot P_{\text{II}} = (2(17,5 + 2,4) \left(\frac{4,8 - 0,4}{2} \right)) \cdot 1,69 = 147,9$$

$$Q_{\phi} = (A_{\text{св}} \cdot l_{\text{св}} + A_{\phi} \cdot H) \cdot P_{\text{б}} = (0,35 \cdot 0,35 \cdot 19,95 + 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,45) \cdot 22 = 80,5$$

$$P_{\phi} = \frac{696,5}{4,8^2} + 147,9 + 80,5 = 258,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{z\text{p}0} = P_{\phi} - \sigma_{z\text{г}0} = 258,6 - 355,7 = -97,1$$

Так як осадочний тиск менший за “0”, то осадку пального фундаменту не спостерігається.

2.7.4 Армування фундаменту

Визначення ексцентриситету:

$$e = \frac{a - a_{\text{сг}}}{2} = \frac{1,8 - 0,7}{2} = 0,55$$

$$M = n \cdot N \cdot t = 2696,5 \cdot 0,55 = 766,15 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Площа перерізу арматури:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot n_0 \cdot R_s} = \frac{766,15 \cdot 1000}{0,9 \cdot 175,0 \cdot 28 \cdot 100} = 1,7 \text{ см}^2$$

Приймаю конструктивно:

6 Ø10 A400

$$A_s = 4,71 \text{ см}^2$$

S = 250

З розрахунку по МК: 2 болти Ø30 L = 900 мм.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

3.1 Технологічна картка на монтаж монтаж сталевих колон масою до 3 тонн безвивірним методом

До початку робіт повинні бути вивірені опорні плити та підлиті бетонною сумішшю, нанесені на опорні плити осьові ризики, розкладені колони на підкладках біля фундаментів так, щоб черевик колони знаходився біля опори. На робочому місці повинні бути розкладені пристрої та інструменти.

Знімати кондуктор із опорних плит та встановлювати колони можна після досягнення бетоном під опорною плитою 70% проектної міцності.

Бригада у складі монтажників конструкцій V розряду М5 та IV розряду М4, 2-х монтажників-стропальників III розряду М3 та II розряду М2 виконує монтаж кроквяних конструкцій та стропольні роботи.

Одноповерхова промислова будівля з металевим каркасом. 3 прольоти по 18 м, довжиною 108 м.

Висота до низу кроквяних конструкцій 14,85м.

Крок колон 12м.

Загальні розміри будівлі у плані 60x108 м.

№ п/п	Найменування елементів	К-ть	Маса, т	
			1 ел-та	загальна
1.	Колони крайні	14	1,4	19,6
2.	Колони середні	14	1,48	20,72
3.	Колони фахверка	8	1,38	11,04

Т
аблиця 3.1
– Тип

та характеристика колон

Таблиця 3.2 - Вибір монтажних пристроїв

Найменя	Принципова схема	Маса $Q_{гр}, Т$	Висота $h_{ст}, М$
Напівавтоматичний захоплення		0,18	1,0

Визначення потрібних параметрів монтажного крана.

1. Монтажна маса:

$$Q_m = Q + \sum g = 1,48 + 0,18 = 1,66 \text{ т}$$

2. Необхідна висота підйому гака:

$$H^{тр}_{стор} = h_o + h_z + h_e + h_c + h_n = 0 + 0,5 + 9,6 + 1 + 2 = 13,1 \text{ м}$$

де:

h_o - висота від рівня розташування монтажного крана до опори, на яку

встановлюють елемент;

h_z - висота запасу під час підйому елемента над опорою;

h_e - Висота елемента;

h_n - висота захватного пристосування.

Необхідний виліт гака крана:

$$l_{до} = l_r + l = \frac{(d' + \frac{b}{2})(H^{мп}_{стор} - h_w)}{h_n + h_c} + e \quad (3.1)$$

де:

d' - відстань від осі стріли крана до краю конструкції;

b - ширина конструкції;

e - половина бази крана.

$$l_k = \frac{(1 + \frac{0,4}{2})(13,2 - 1,5)}{2,1 + 1} + 1,5 = 6 \text{ м}$$

Довжина стріли:

$$L_{стор} = \sqrt{(H^{мп}_{стор} - h_w)^2 + l_r^2} = \sqrt{(13,2 - 1,5)^2 + 4,5^2} = 12,5 \text{ м}$$

Вибір варіанта монтажних кранів за техніко-економічними показниками

МКГ-16:

Вартість 1 маш.-години роботи

$$З_{м-год} = \frac{C_r}{T_r} + \frac{C_{ед}}{T} + E = \frac{4525}{3345} + \frac{30}{17,22} + 4,26 = 735 \text{ грн.}$$

Вартість монтажу 1 т одиниці конструкції

$$C_e = 2,9 \text{ грн} \cdot \frac{C_o}{V} = \frac{121,98}{41}$$

Загальна вартість всього обсягу БМР

$$Z_o = 1,08 C_{\text{м-год}} + T_n + 1,5 \sum Z = 1,08 \cdot 7,35 \cdot 17,22 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot 8,2 = 121,98$$

грн

Питомі капіталовкладення

$$K_{\text{уд}} = \frac{C_m}{\Pi \cdot T_r} = \frac{30700}{2,38 \cdot 3345} = 3,85 \text{ грн}.$$

$$\Pi_{\text{год}} = \frac{V}{T_{\text{м-ч}}} = \frac{41}{17,22} = 2,38$$

Наведена вартість монтажу одиниці конструкції

$$C_{\text{пр}} = C_e + K_{\text{уд}} \cdot \epsilon_n = 1,11 + 3,85 \cdot 0,15 = 16870 \text{ грн}.$$

5.4

КС-3561:

$$Z_{\text{м-год}} = \frac{2633,4}{3340} + \frac{4,84}{17,22} + 19,96 = 2103 \text{ грн}.$$

$$C_e = 9,78 \text{ грн} \cdot \frac{400,9}{41}$$

$$Z_o = 1,08 \cdot 21,03 \cdot 17,22 + 1,5 \cdot 6,56 = 40090 \text{ грн}.$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{C}{\Pi \cdot T_r} = \frac{30700}{2,38 \cdot 3345} = 3,85 \text{ грн}.$$

$$Z_{\text{пр}} = 9,78 + 2,139 \cdot 0,15 = 101 \text{ грн}.$$

Приймаю кран МКГ-16.

Таблиця 3.3 - Монтажні характеристики конструкції та технічні характеристики кранів

Найменування елемента	Необхідні монтажні параметри			Типи та характеристики монтажних кранів							
				І варіант				ІІ варіант			
	маса	Виліт крюка	Довжи на стріли	тип	Вантаж під. т.	Виліт стріли	Висота підйом у	тип	Вантаж під. т.	Виліт стріли	Висота підйом у
Колона	2	13,2	12,5	МКГ-16	16	4-16	14	КС-3561	10	4-20	18

1 – монтажний кран

2 - фундамент

3 - ящик з інструментом

4 - монтована колона

5 - зварювальний апарат

3.2 Розрахунок параметрів мережного графіка

Технологічна карта розроблена для виконання робіт з улаштування рулонної покрівлі промислового корпусу, призначеного для виробництва технологічних матеріалів та металоконструкцій нестандартного призначення. Документ складено з урахуванням застосування механізмів і технічних засобів як підрядної організації, так і замовника.

Роботи передбачено виконувати у літній період, що забезпечує оптимальні умови для влаштування покрівельного килима. Наклеювання тришарової рулонної покрівлі здійснюється на основі цементно-піщаної стяжки із застосуванням гарячої бітумної мастики та подальшим улаштуванням захисного шару з гравію.

Будівля має каркасну конструктивну схему: сталевий каркас складається з колон жорсткого защемлення та металевих ригелів із гнутих профілів типу «Молодечно». Зовнішні стіни виконані товщиною 150 мм, покриття — із профільованого настилу.

Передбачена конструкція покрівлі включає:

- обмазувальну пароізоляцію на основі бітумної мастики;
- теплоізоляційний шар із газосилікатобетону;
- вирівнювальний та ухилоутворюючий шар із керамзиту та цементно-піщаної стяжки;
- гідроізоляційний рулонний килим у три шари;
- захисний гравійний шар.

Усі рішення прийнято відповідно до чинних норм з улаштування покрівель та експлуатації промислових будівель..

До початку виконання робіт з улаштування рулонної покрівлі промислового корпусу мають бути завершені такі обов'язкові підготовчі заходи:

- основа під покрівельний килим повинна бути влаштована та прийнята з оформленням відповідного акта;

- поверхню основи необхідно очистити від пилу, сміття та сторонніх включень; у разі зволоження — забезпечити її повне висушування;

- на об'єкт має бути завезено необхідний обсяг покрівельних матеріалів (рулонні матеріали, бітумна мастика, гравій), а також інструмент, інвентар та обладнання, необхідні для виконання робіт згідно з чинними нормами з улаштування покрівель.

Для виконання покрівельних робіт у першу чергу доставляють компресорну установку типу ПКС-5, ПКСЭ-5 або інше обладнання, здатне забезпечити робочий тиск близько 0,5 МПа.

Компресор використовується для очищення поверхні, подачі цементно-піщаних розчинів, нанесення мастик та для роботи зі спеціальними форсунками.

Для нанесення ґрунтівки або фарбувальних шарів можуть застосовуватися фарбувальні агрегати типу СО-38, СО-32.

Газосилікатобетонні теплоізоляційні плити доставляють у контейнерах.

- Їх подавання на покрівлю здійснюється:

- у зоні роботи змонтованого баштового крана — під час зміни;

- поза зоною його дії — за допомогою пневмоколісного крана КС-16, що належить замовнику;

- у решту часу — за домовленістю з відповідальною службою.

Таке рішення відповідає вимогам до безпеки вантажопідіймальних операцій, встановлених чинними нормами.

Для транспортування розчину застосовують пневморозчинонасос з комплектом гумотканинних рукавів діаметром 32 або 42 мм із соплом.

Для вирівнювання поверхні використовують віброрейку та систему напрямних.

Рулонні матеріали (руберойд або його сучасні аналоги) перед укладанням перемотують і очищують від посипки за допомогою спеціального верстата.

Підготовлений рулонний матеріал подають у контейнерах на покрівлю баштовим краном.

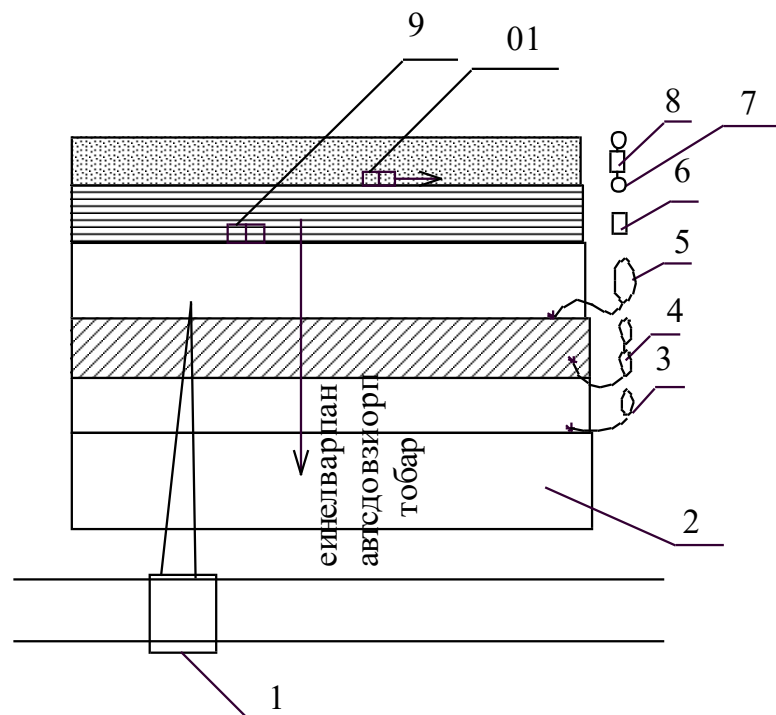
Бітумну мастику доставляють на будівельний майданчик автобітумовозами, обладнаними:

- бітумними насосами,
- гумовотканинними шлангами діаметром 25 мм,
- форсунками для нанесення.

Для прикочування рулонного матеріалу використовують агрегат СО-99 або аналогічне обладнання.

Для транспортування керамзиту та гравію на покрівлю корпусу застосовують торкрет-установку БМ-60 з комплектом гумовотканинних рукавів.

Матеріали подаються рівномірно для формування ухилів і захисних шарів покрівлі відповідно до технології виконання робіт.



- 1 - кран КС-16; 2 - підготовлена під ізоляцію основа; 3 - агрегат для влаштування пароізоляції; 4 - машина для укладання уте плителя; 5 - машина для ґрунтування; 6 - контейнер з руберойдом та утеплювачем; 7 - пневморозчинонасос; 8 - автогідромотор; 9 - машина для

наклейки рулонного килима; 10 - машина для влаштування захисного шару

Рисунок 3.1 - Технологічна схема наклейки рулонного покрівельного килима

Перед початком влаштування рулонної покрівлі поверхню профільованого настилу перевіряють на надійність кріплення та відповідність вимогам до основи під покрівельний килим. Поверхню очищають від пилу, сміття та можливих забруднень за допомогою продування повітрям. У разі наявності залишкової вологи основу висушують до стану, що забезпечує належну адгезію покрівельних матеріалів.

На підготовлену поверхню механізованим способом — через фарбувальний агрегат або пневморозпилювач — наносять ґрунтовку на основі бітумного лаку чи розчину нафтобітуму.

Пароізоляційний шар виконують шляхом нанесення бітумної мастики товщиною близько 1,5 мм.

Після влаштування пароізоляції на мастику укладають шар керамзиту для забезпечення необхідних ухилів. Далі монтують плити газосилікатобетонного утеплювача щільністю близько 600 кг/м³.

Вирівнювання поверхні здійснюється цементно-піщаною стяжкою, яку формують віброрейкою по напрямних або по раніше влаштованих контрольних смугах стяжки.

Після висихання поверхні стяжки її ґрунтують бітумним лаком або розчином нафтобітуму.

Рулонні покрівельні матеріали доставляють на будівельний майданчик централізовано, у контейнерах або бортовими автомобілями. На дах їх подають у контейнерах за допомогою баштового крана або пневмоколісного крана КС-16.

Бітум транспортують автобітумовозами, де він підтримується у необхідному температурному режимі. На місці виконання робіт бітум подають

через гумотканинні рукави за допомогою бітумного насоса.

Укладання рулонної покрівлі здійснюється поетапно, зонально. Робочі ділянки формують таким чином, щоб у межах однієї зміни був повністю наклеєний увесь багат шаровий покрівельний килим.

Рулонні полотнища наклеюють у поздовжньому напрямку з нахльостом не менше 100 мм як уздовж, так і впоперек полотен.

У місцях примикань покрівлі до вертикальних конструкцій (парапетів, стін, вентиляційних шахт тощо) шари рулонного килима підсилюють додатковими шарами. Таке посилення виконується згідно з чинними нормами улаштування покрівель, що регламентують герметизацію зон примикання.

Формування водоізоляційного шару починають із нижчих ділянок покрівлі або ділянок, розташованих поблизу водоприймальних елементів. Спочатку виконують розкладку й підгонку полотнищ, після чого здійснюють їх наклеювання з фіксацією до виступаючих деталей покрівлі або до попередніх шарів.

Бітумну мастику наносять на стяжку або на наклеєні полотнища вручну чи механізованим способом. Полотнища ущільнюють за допомогою котків, забезпечуючи повне приклеювання.

Верхній шар, що виконує захисну функцію, формують шляхом рівномірного розсипання дрібного шлакового щебеню або гравію по поверхні мастики.

Виконання та приймання робіт з улаштування м'якої рулонної покрівлі на гарячій бітумній мастиці здійснюється відповідно до чинних норм, які регламентують технологію монтажу, вимоги до матеріалів та порядок контролю якості. До початку робіт перевіряють підготовлену основу: вона повинна бути рівною, достатньо міцною, очищеною від пилу та сміття, без залишків вологи. Особливу увагу приділяють наявності та правильності улаштування компенсаційних і температурних швів, оскільки їх стан впливає на довговічність покрівельного килима.

Матеріали, що застосовуються у процесі влаштування покрівлі, повинні відповідати технічним умовам та стандартам. Гаряча бітумна мастика подається при температурі, встановленій виробником, зазвичай у межах 160–180 °С. Мастика має бути однорідною, без домішок, із достатньою клеючою здатністю та теплостійкістю. Рулонні матеріали перед укладанням перемотують та очищають, щоб забезпечити необхідну адгезію та рівномірність наклеювання.

У процесі монтажу контролюють правильність виконання кожного технологічного етапу — від підготовки основи до формування багат шарового покрівельного килима. Особливу увагу приділяють місцям примикань до парапетів, стін, інженерних коробів та інших виступаючих елементів покрівлі. Ці ділянки мають бути виконані герметично та з посиленням додатковими шарами, щоб запобігти проникненню вологи.

Після завершення укладання здійснюється ретельний огляд покрівельного килима. Його поверхня має бути рівною, без здуттів, вм'ятин, хвиль, механічних пошкоджень чи повітряних мішків. Перевіряють також якість наклеювання рулонних полотнищ, їх нахльостку, а також цілісність та

Відкл-	Найменування відхилення	Допуск	герметичність примикань. Готова покрівля

повинна забезпечувати надійний захист будівлі від атмосферної вологи та відповідати вимогам експлуатаційної стійкості.

Таблиця 3.5 - Нормативні допуски

п.п.	опис	Од.	К-ть
1	Допустимі відхилення в скатних покрівлях при наклеюванні полотнищ: Найменування	Од. змін.	К-ть
1	- по ширині у нижній частині		10
2	- по ширині у верхніх шарах;	м ²	9715
3	- по довжині у всіх шарах.	т	20
	Найменування матеріалу	м ³	28,84
	Груберойд		29,93
	Мастика		
	Найменування матеріалу		
	Гравій		
4	Відхилення дефектного ухилу від проектного: - для плоских дахів; - для скатних покрівель. Відшаровування матеріалу від основи		1-2% 5%

Таблиця 3.6 - Потреба основних елементів, матеріалах та напівфабрикатах

Таблиця 3.7 - Калькуляція трудових витрат та заробітної плати

№ п/п	Найменування робіт	Розцінка	Од. змін.	Об'єм робіт	Норма брешем о., чол.-год.	Трудомісткість, чол.-год.	З/плата, грн.	Склад ланки	
								Професія розряд	К-ть
1.	Очищення основи від сміття	E47-3-4	100 м ²	28,5	6,14	175	870	Покрівельник 3, 2р.	по 1
2.	Влаштування обклеювальної пароізоляції у два шари	E12-20-1	100 м ²	28,5	49,95	1424	8362	Ізольувальник 3, 2р. Покрівельник 4р.	по 1
3.	Утеплення покриттів газосилікатбетоном	E12-19-1	м ³	285	6,58	1875	7917	Ізольувальник 3, 2р.	по 1
4.	Пристрій вирівнюючої цементної стяжки	E12-22-1	100 м ²	28,5	44,78	1276	5383	Ізольувальник 4, 3, 2р.	по 1
5.	Обґрунтування стяжки бітумною мастикою	E12-21-1	100 м ²	28,5	7,13	203	1117	Покрівельник 4р.	1
6.	Влаштування покрівлі з трьох шарів руберойду на бітумній мастиці із захисним шаром гравію.	E12-1-2	100 м ²	28,5	40,15	1144	6339	Покрівельник 5р. 4р. 3р. 2р.	1 1 3 1
7.	Влаштування обробок на фасадах, включаючи водостічні труби з виготовленням елементів труб	E12-13-1	100 м ²	1,26	21,24	27	154	Покрівельник 5р.	1
8.	Влаштування примикань рулонних та мастичних покрівель до стін та парапетів висотою до 600 мм без фартухів	E12-7-1	100 м	2,16	37,97	82	460	Покрівельник 4, 3р.	по 1
	Всього:					6206	30602		

3.3 Організація будівельного виробництва

Таблиця 3.8 – Визначення обсягів робіт

№ п/п	Найменування робіт	Од. змін.	Об'єм
1.	Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером	1000 м ³	1,875
2.	Розробка ґрунту екскаватором	1000 м ³	1,094
3.	Занурення з/б паль	м ³	122,5
4.	Влаштування бетонної підготовки	100 м ³	2,62
5.	Пристрій монолітного ростверку	100 м ³	0,46
6.	Монтаж фундаментних балок	100 шт	0,24
7.	Зворотне засипання ґрунту бульдозером	1000 м ³	2,9
8.	Ущільнення ґрунту пневмотрамбуванням	100 м ³	29,0
9.	Монтаж колон	т	63,0
10.	Монтаж балочного покриття типу «Молодічне»	т	44,064
11.	Монтаж профнастилу	100 м ²	25,92
12.	Монтаж стінового огороження	100 м ²	16,91
13.	Влаштування цегляних перегородок	100 м ²	8,9
14.	Встановлення віконних блоків	100 м ²	4,14
15.	Штукатурка перегородок	100 м ²	17,8
16.	Скління	100 м ²	4,14
17.	Влаштування бетонних підлог	100 м ²	25,92
18.	Масляне фарбування перегородок	100 м ²	17,8
19.	Олійне фарбування вікон	100 м ²	4,14
20.	Влаштування щебеневої основи	100 м ³	0,324
21.	Влаштування бетонної стяжки	м ³	324,0

Таблиця 3.9 - Картка-визначник робіт (КОР) та ресурсів.

№	ij	t _{ij}	N _{ij}	Ранні		Пізні		Резерви		T _{ск}	N _{ск}
Шифр робіт	Найменування робіт	Характеристика робіт				Виконавець			Основні хутро.		
		Об'єм		Трудно-емність, чол.-дн.	Продовж-жит., дн.	Органи-зація	Профес-ця	К-ть	Найме-ня	К-ть	
		Од. змін.	К-ть								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1-2	Зрізання рослинного шару ґрунту	1000 м ³	1,875	175	3	РОЗУМ	маш.бульдоз . маш.екскав .	1 1	ДЗ-8 ЕО-334	1 1	
2-3	Розробка ґрунту екскаватором	1000 м ³	1,094	89	4	РОЗУМ	маш.екскав .	1	ЕО-334	1	
3-4	Занурення з/б паль	м ³	122,5	988	8	РОЗУМ	монтаж.	6	дизель-молот кран-трубоукл.	1 1	
3-5	Влаштування бетонної підготовки	100 м ³	2,62	578	7	СУ	бетон.	6			
4-6	Пристрій монолітного ростверку	100 м ³	0,46	101	5	СУ	бетонщик. щільн. монтаж.	2 1 3			
6-7	Монтаж фундаментних балок	100 шт	0,24	156	2	СМУ	монтаж.	2	МКГ-16	1	
7-9	Зворотнє засипання ґрунту бульдозером	1000 м ³	2,9	51	5	РОЗУМ	маш.бульдоз .	1	ДЗ-8	1	
7-8	Ущільнення ґрунту пневмотрамбуванням	100 м ³	29,0	692	8	СМУ	машиніст монтаж.	1 3	компресор трамбування	1 1	
9-10	Монтаж колон	т	63,0	866	6	СМУ	монтаж.	5	МКГ-16	1	
10-11	Монтаж балочного покриття типу «Молодічне»	т	44,06	2302	32	СМУ	монтаж.	4	МКГ-16	1	
13-14	Монтаж профнастилу	100 м ²	25,92	1553	1	СМУ	монтаж.	3	МКГ-16	1	
11-19	Електромонтажні роботи			476	7	СМУ			МКГ-16	1	
11-13	Монтаж стінового огороження	100 м ²	16,91	2899	21	СМУ	монтаж.	4			
13-15	Влаштування цегляних перегород.	100 м ²	8,9	1723	8	СМУ	камінь.	4			
13-17	Встановлення віконних блоків	100 м ²	4,14	957	14	СМУ	монтаж.	4	МКГ-16	1	
15-16	Штукатурка перегородок	100 м ²	17,8	2068	8	СМУ	маляр	5	підйомник	2	
17-18	Скління	100 м ²	4,14	281	9	СМУ	теляр	4	підйомник	1	
16-18	Влаштування бетонних підлог	100 м ²	25,92	1513	6	СМУ	бетонщик.	5	віброрейка	2	
18-19	Масляне фарбування перегородок	100 м ²	17,8	1387	16	СМУ	маляр	5	підйомник	1	
18-19	Олійне фарбування вікон	100 м ²	4,14	441	16	СМУ	маляр	5			
14-19	Пристрій вимощення	м ³	324,0	1873	5	СМУ	бетонщик.	3	вібратор	2	
	Загальна трудомісткість БМР			21169							

п/п				t^{PH}_{ij}	t^{PO}_{ij}	t^{PH}_{ij}	t^{PI}_{ij}	R_{ij}	r_{ij}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1-2	3	1	0	3	0	3	0	0	0	1
2	2-3	4	1	3	7	3	7	0	0	3	2
3	3-4	8	6	7	15	7	15	0	0	7	13
4	3-5	7	6	7	14	13	20	6	0	14	12
5	4-6	5	6	15	20	15	20	0	0	15	12
6	5-6	0	0	14	14	20	20	6	6	20	12
7	6-7	2	5	20	22	20	22	0	0	22	11
8	7-8	5	2	22	27	25	30	3	3	27	2
9	7-9	8	4	22	30	22	30	0	0	30	9
10	8-9	0	0	30	30	30	30	0	0	36	9
11	9-10	6	5	30	36	30	36	0	0	68	13
12	10-11	32	7	36	68	36	68	0	0	71	9
13	11-12	0	0	68	68	126	126	58	0	75	4
14	12-19	7	4	68	75	126	133	58	58	89	16
15	11-13	21	4	68	89	68	89	0	0	97	12
16	11-19	3	1	66	71	130	133	62	62	103	16
17	13-14	16	3	89	105	112	128	23	0	105	13
18	13-15	8	4	89	97	89	97	0	0	112	9
19	13-17	14	4	89	103	94	108	5	0	117	10
20	14-19	5	3	105	110	128	133	23	23	133	8
21	15-16	8	5	97	105	97	105	0	0	135	0
22	15-17	0	0	97	97	108	108	11	6		
23	16-18	12	5	105	117	105	117	0	0		
24	17-18	9	4	103	112	108	117	5	5		
25	18-19	16	5	117	133	117	133	0	0		
26	19-20	2	3	113	135	133	135	0	0		

Таблиця 3.10 - Розрахунок параметрів мережного графіка

Найменування матеріалів	Од. змін.	Потребность, Qp	Потребность, Qсут	Норма запаса	Принятый запас, Qск	Норма складир., qск	Полезная площадь, м2	Коэффициент исполъз., Kск	Расчетная площадь склада	Принятая площадь складир., м2	Шифр	Тип склада
-------------------------	-----------	-----------------	-------------------	--------------	---------------------	---------------------	----------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------------	------	------------

Таблиця 3.11 - Розрахунок площ складів

Палі	м ³	123	35	3	105	0,45	233	0,4	582	582		відкр .
Фундаментні балки	м ³	35	24	1,5	35	0,45	78	0,4	195	195		відкр .
Колони	т	40,6	15,3	2	30,6	3	10	0,4	25	25		відкр .
Стінові панелі	м ²	<u>11</u>	<u>2</u>	3	<u>6</u>	1	111	0,4	277,5	277		відкр .
	т	10,4	37		111							
Блокове покриття	т	52	3,6	3	10,8	3	3,5	0,4	8,75	9		відкр .
Профнастил	т	31	4,3	3	13	3	4	0,4	10	10		відкр .
Віконні блоки	м ²	864	132	3	396	45	8,8	0,5	17,6	36	420-06-	закр .
Скло	м ²	864	216	5	648	100	6,5	0,5	13			
Цегла	тис.шт	16	4,5	3	13,5	0,75	18	0,4	45			відкр .
Вапно	м ³	16	25	3	6,75	2	4	0,7	5,7	36		закр .
Фарба	кг	112	16	3	48	1	48	0,5	0,05			
Щебінь	м ³	40,5	18	2	36,4	2	18	0,4	45			відкр .
ВСЬОГО6										1224		

$$N_{\max} = 16 \text{ чол.}$$

$$N_{\text{ср}} = \frac{1430}{135} = 11$$

$$K = \frac{N_{\max}}{N_{\text{ср}}} = 1,5$$

$$Q = 1430 \text{ чол.-днів}$$

$$T_{\text{пр}} = 135 \text{ днів}$$

Розрахунок потреби у транспортних засобах.

Фермовоз Ф-24

Тягач ММЗ-504В

$$t_y = t_n + \frac{2l}{V} + t_m = 0,57 + \frac{2 \cdot 17}{85} + 0,02 = 0,14$$

$$q_{\text{добу}} = q_p \cdot T_M \cdot \frac{K}{tg} = 11,95 \cdot 7,5 \cdot \frac{2}{0,1} = 175,5$$

$$Q_{\text{добу}} = \frac{Q_p}{T_p} = \frac{295,2}{8} = 36,9 \text{ т}$$

$$N = \frac{Q_{\text{сут}}}{q_{\text{сут}}} = \frac{36,9}{175,5} = 0,21$$

Приймаю 1 фермовоз.

Для перевезення цегли:

$$t_y = 0,23 + \frac{2 \cdot 17}{45} + 0,02 = 1$$

$$q_{\text{добу}} = 5 \cdot 7,5 \cdot \frac{2}{1} = 75,0 \text{ т}$$

$$Q_{\text{добу}} = \frac{75}{8} = 9,37$$

$$N = \frac{9,37}{75} = 0,12$$

Приймаю 1 машину Краз вантажопідйомністю 5,0 т.

Внутрішньобудівельні дороги шириною 3,5 м, ширина проходів для людей без вантажу 1,0 м. На дорогах передбачено розширення на 2,5 м проїжджої частини дороги завдовжки 10-12 м для роз'їзду зустрічних автомобілів.

Розширення призначені для проїзду до місць встановлення приймальних бункерів (ящиків для бетону та розчину).

Таблиця 3.12 - Відомість розрахунку тимчасових будівель та споруд.

Будівля	Расч.к-во раб., чел.	Норм.площ. на 1 раб., м2	Расчет. площ., м2	Размеры здания	Полезная площадь	Шифр тип. проекта	Тип здания	К-ть
Адміністративні:								
контора майстра	2	4	8	4x2, 7x2, 5	10	420-01-7	До	1
диспетчерська	1	6	6	3x2, 7x2, 5	7,5	420-01-7	П	1
Виробничі:								
закритий матер. склад				6x6x2,7	36	420-06-16	3	1
комора для інвентарю	16	0,7	11,2	6x2, 7x2, 65	14,45	420-04-40	До	1
Санітарно-побутові:								
вбиральня з душовою	27	0,9	24,3	9x2, 7x2, 6	22	420-01-6	П	1
санвузол чоловік.	17	0,07	1					
санвузол дружин.	10	0,14	1					
кімната прийому їжі	27	0,25 0,25	7 7	9x2, 72x2, 6	22	420-01-6	П	1

Витрата води на виробничі потреби:

$$Q_1 = \frac{\sum V_{см} \cdot g_1 \cdot K_1}{1000 \cdot 8,2} = \frac{26218 \cdot 200 \cdot 1,5 - 26218 \cdot 50 \cdot 1,5}{1000 \cdot 8,2} = 1,5 \text{ л / добу .}$$

Витрата води на будівельні машини:

$$g_2 \text{ екскав .} = 200 \text{ л/ добу .}$$

$$g_2 \text{ бульдоз .} = 124 \text{ л/ добу .}$$

$$Q_2 = \frac{(79,12 + 59 \cdot 24,1) \cdot 1,2}{1000} = 2,9 \text{ м}^3 \text{ /годину 6. 7}$$

Витрата води на господарсько-побутові потреби:

$$Q_3 = \frac{16 \cdot 23 \cdot 2}{1000 \cdot 8,2} = 0,09 \text{ м}^3/\text{Год}$$

Витрата води на душові установки:

$$Q_4 = \frac{N_1 \cdot g_4 \cdot K_4}{1000 t_1} = \frac{0,3 \cdot 16 \cdot 35 \cdot 1}{1000 \cdot 0,75} = 0,03 \text{ м}^3/\text{Год}$$

Загальна максимальна погодинна витрата води:

$$Q_{\text{заг.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1,5 + 2,9 + 0,09 + 0,03 = 4,52 \text{ м}^3/\text{Год}$$

$$Q_{\text{розрах.}} = Q_{\text{пож.}} + 0,5 Q_{\text{заг.}} = 36 + 0,5 \cdot 4,52 = 38,26 \text{ м}^3/\text{Год}$$

Діаметр труби на введенні тимчасового водопроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\text{расч}}}{\pi \cdot V \cdot 3000}} = 0,116 \text{ м}$$

Приймаю трубу $\varnothing 125$ мм.

Таблиця 3.13 - Розрахунок необхідної потужності трансформатора.

Найменування	Од. змін.	К-ть	Удільн . витрата, кВт	Потреби. питома . потужний .	К-т	К-т мощ - ності	Потреби. мощ - ність
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробничі потреби:							
підйомник	шт	1	20	20	0,5	0,6	16,67
зварювальний апарат	шт	1	42	42	0,6	0,4	63
віброрейка	шт	2	0,8	0,8	0,1	0,4	0,2
фарбопульт	шт	2	0,8	0,8	0,1	0,4	0,2
РАЗОМ:				63,6			
Електроосвітлення:							
внутрішнє :							
побутові приміщення	м ²	44	0,012	0,528	0,8	1	0,42
контора	м ²	17,5	0,015	0,26	0,8	1	0,21
матеріальний склад	м ²	50,45	0,007	0,35	0,35	1	0,12
РАЗОМ:				1,14			
зовнішнє:							
майданчик при монтажі конструкцій	100 м ²	1,5	0,3	0,43	1	1	0,43
майданчик при зварювальних роботах	100 м ²	1,5	0,55	0,83	1	1	0,83
аварійне освітлення	100 м ²	6,5	0,37	0,39	1	1	0,39
внутрішньомайданкове освітлення	100 м ²	0,5	3	1,5	1	1	1,5
освітлення території будівництва	100 м ²	25,92	0,015	2,41	1	1	2,41
РАЗОМ:				5,56			

У СЕГОР \sum потр .				86,38			
-----------------------	--	--	--	-------	--	--	--

Потрібна потужність трансформатора:

$$P = 1,1 \sum \frac{P_n \cdot K_1}{\cos \varphi} = 1,1 \cdot 86,38 = 95 \text{ кВт}$$

Підбираю комплексну трансформаторну підстанцію типу КТПН -72М-160 із ТМ16016(10) потужністю 160 кВт.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

4.1 Техніка безпеки та охорона праці

Проектований корпус промислової будівлі передбачається на вільній території виробничої бази підприємства та примикає до вже існуючої споруди. За своїм призначенням будівля має забезпечувати повний цикл виготовлення металоконструкцій і технологічних елементів без проведення фарбування — відповідні операції виконуватимуться в чинних сусідніх виробничих приміщеннях у холодний період року або на відкритих майданчиках у теплу пору.

Територія забудови вже забезпечена доступом до автомобільних та залізничних під'їзних шляхів, а також оснащена всіма необхідними інженерними мережами та комунікаціями.

Корпус призначений для забезпечення власних потреб виробництва у різних видах металоконструкцій та нестандартного технологічного обладнання, що використовується при ремонтних і монтажних роботах. До номенклатури продукції належать ферми, балки, колони, зв'язки, елементи бункерів, газоходів, резервуарів та інші об'ємні конструкції. Відходи металопрокату після розкрою підлягають сортуванню та застосовуються для виготовлення дрібних виробів, що можуть використовуватися на цивільних об'єктах або для потреб населення.

Технологічний цикл передбачає приймання металопрокату, його різання і розкрій, сортування заготовок та відходів, виготовлення деталей на згинальному обладнанні, збирання та зварювання об'ємних конструкцій, а також виготовлення дрібних виробів із залишків матеріалу.

Логістичні рішення забезпечують зручний доступ до корпусу: автомобільний транспорт може заїжджати з обох торців через існуючі дороги, тоді як залізничне сполучення організовано через нову під'їзну гілку. Відправлення готової продукції передбачається залізничним або автомобільним

транспорт. У корпусі передбачені бокові проходи для роботи трансферкарів, які забезпечують переміщення заготовок та готових виробів на майданчик складування.

Система водовідведення виконана у вигляді спрямованого стоку по рельєфу території у наявні водоприймальні колодязі дощової каналізації.

Кожен проліт обладнано підвісними кранами вантажопідйомністю 20 та 50 кН. Для внутрішньоцехового транспорту передбачено трансферкари, а також тельфери вантажопідйомністю 10 кН, які забезпечують маневрування та подачу заготовок між технологічними постами.

У першому прольоті розміщуються ділянки приймання та складування металопрокату, включно з можливістю завантаження як автомобільним, так і залізничним транспортом. Тут також змонтовані верстати для виготовлення заготовок, ділянки попереднього складання та інші робочі місця початкових етапів виробництва.

Під час виконання земляних робіт застосовуються вимоги чинних норм безпеки праці. На ділянках, де виконуються траншейні роботи поблизу зон руху людей або транспорту, встановлюється суцільна огорожа висотою не менше 1,2 м із забезпеченням належного освітлення.

Для запобігання зсувам ґрунту при появі ґрунтових вод передбачається улаштування дренажних елементів. Стіни траншей зміцнюються стояками діаметром 12–15 см, які встановлюють уздовж стінки на відстані приблизно 4 м один від одного.

У місцях переходу через траншеї встановлюють містки шириною не менше 1 м із перилами висотою 1,1 м. Для спуску робітників використовують драбини шириною не менше 0,6 м або приставні сходи. Вийнятий ґрунт складається на відстані не менш ніж 0,5 м від брівки траншеї.

Під час роботи необхідно постійно контролювати стан укосів та берм. У разі появи тріщин або ознак осідання роботи зупиняються, а персонал виводиться з небезпечної зони.

Засипання траншей здійснюється пошаровим укладанням ґрунту товщиною до 30 см з ущільненням кожного шару. Роботи всередині траншей дозволено виконувати лише при електроосвітленні напругою не більше 12 В.

Відстань між екскаватором та елементами споруд, складованими матеріалами або стінками вибою повинна бути не меншою ніж 1 м. Перебування людей у зоні роботи стріли екскаватора забороняється. У неробочому положенні екскаватор розташовується не ближче ніж 2 м від краю виїмки з опущеним ковшем.

Під час монтажу пальових фундаментів особливу увагу приділяють технічному стану копрового обладнання, правильності підвіски молотів, справності тросів та елементів розтяжок. Небезпечна зона навколо копра визначається радіусом близько 25 м від точки занурення палі. Вона має бути позначена попереджувальними знаками та огороженням.

Під час переміщення копрової установки ударне обладнання опускають у нижнє транспортне положення. Заборонено залишати інструменти або сторонні предмети на копрі. Підтягування паль допускається не ближче ніж з 5 м за допомогою тягового каната, пропущеного через відвідний блок.

Палі дозволяється підіймати лише за штатні монтажні петлі. Довгомірні палі (близько 9 м) розвантажують із використанням траверси. Забороняються косі удари молота, оскільки вони можуть призвести до розтріскування палі.

Після завершення забивання короткі палі (менше 3 м над поверхнею землі) зрізають лише після встановлення підкосів та фіксації страхувальних канатів. Працівник, який керує відтяжками, повинен стояти на безпечній відстані — не менш ніж удвічі довжина зрізуваної частини.

4.2 Розрахунок власної та вантажної стійкості

Під час монтажних робіт використовують кран КС-4563. Виліт стріли – 8 м.

Відповідно до норм розраховують небезпечну зону при висоті монтажного блочного покриття:

$$R_{o.z.} = L_{стоп} + L_{o.z.} + \frac{L_{п}}{2} = 8 + 4 + \frac{18}{2} = 21 \text{ м}$$

Безпечне виконання вантажопідйомних робіт забезпечується правильним вибором параметрів кранів та їх стійкістю.

При розрахунку параметрів кранів розрізняють стійкість вантажну та власну.

Вантажна стійкість самохідного крана забезпечується за умови:

$$K_1 \cdot M_{г} \leq M_{н} \text{ де:}$$

K_1 - коефіцієнт вантажної стійкості;

$M_{г}$ - момент, створюваний робочим вантажем щодо осі перекидання;

$M_{н}$ - момент всіх інших навантажень, що діють на кран.

$$M_{г} = Q(a - b), \text{ де:}$$

Q - вага вантажу;

a - відстань від осі обертання до центру тяжкості робочого вантажу;

b - відстань від осі обертання до ребра перекидання.

$$M_{н} = M_{в} - M_{у} - M_{ц.} - M_{та} - M_{в}$$

$$M_{в} = G(b + c) \cdot \cos a \text{ де:}$$

b - вага крана;

c - відстань від осі обертання до центру тяжкості;

a - кут нахилу шляху крана.

Момент від впливу власної ваги крана при ухилі шляху:

$$M_{у} = h_1 \cdot \sin a, \text{ де:}$$

h_1 - відстань від центру ваги крана до площини, що проходить через точки опорного контуру.

Момент від відцентрової сили:

$$M_{ц.с.} = \frac{Q \cdot n^2 \cdot a \cdot h}{900 - n^2 \cdot H}, \quad (4.1)$$

де:

n - частота обертання крана;

h - відстань від оголовка стріли до площини, що проходить через точки опорного контуру;

H - відстань від оголовка стріли до центру ваги підвішеного вантажу.

Момент від сили інерції при гальмуванні вантажу, що опускається:

$$M_i = \frac{Q \cdot v(a-b)}{g \cdot t}, \text{ де:}$$

v - швидкість підйому вантажу;

g - прискорення вільного падіння;

t - час неусталеного режиму роботи.

Коефіцієнт вантажної стійкості крана:

$$D_{o1} = \frac{G(b+c) \cdot \cos a - h_1 \cdot \sin a - \frac{Q \cdot n^2 \cdot a \cdot h}{900 - h^2 \cdot H} - \frac{Q \cdot v(a-b)}{g \cdot t} - W_p - W_1 \cdot p_1}{Q(a-b)} \geq 1,5$$

Перевірка вантажної стійкості крана.

Вихідні дані:

$G = 20$ кН; $z = 0,25$ м; $v = 0,5$ м/с; $t = 5$; $W_p = 100$ Па; $p = 10$ м; $W_1 = 50$ Па;
 $n = 0,2$ хв; $h = 20$ м; $H = 20$ м; $a = 2$; $b = 1,75$ м; $a = 20$ м; $h_1 = 10$ м; $p_1 = 20$.

$D_{o1} =$

$$\frac{20(1,75 + 0,25) \cdot \cos 2 - 10 \cdot \sin 2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{900 - 0,2^2 \cdot 20} - \frac{10 \cdot 0,5(20 - 1,75)}{9,8 \cdot 5} - 100 \cdot 10 - 50 \cdot 20}{10(20 - 1,75)} =$$

$= 1,7 > 1,5$.

Умова виконується.

4.3 Організація безпеки руху на будівельному майданчику

Будівництво промислового корпусу здійснюється на основі проєкту виконання робіт, що визначає порядок організації будівельного майданчика, послідовність виконання робіт і вимоги безпеки відповідно до чинних норм

охорони праці в будівництві. Територія будівельного майданчика огорожується, обладнується достатньою кількістю проходів і проїздів, а також забезпечується освітленням у темний час доби. На видимих місцях встановлюються покажчики напрямків руху, схеми та знаки безпеки.

Для забезпечення працівників питною водою джерела водороздачі розміщують на відстані не більш ніж 60 м від робочих місць. Потреба в протипожежній воді прийнята на рівні 15 л/с відповідно до вимог пожежної безпеки для промислових об'єктів.

Тимчасові автомобільні дороги на будівельному майданчику передбачено шириною 6 м із радіусами поворотів близько 12 м. Між транспортними шляхами та зонами складських площин витримується відстань не менш ніж 5 м. Покриття тимчасових доріг виконують на укріпленій основі з природного ґрунту із двошаровим гравійним підсиленням.

На території монтажу наявні зони постійної дії небезпечних виробничих факторів. Зона дії крана при монтажі стінових панелей визначена радіусом близько 24 м, а зона можливого падіння перемішуваних конструкцій — орієнтовно 7 м від зовнішнього контуру будівлі. Усі небезпечні зони позначаються на генеральному плані та огорожуються на місцевості.

У місцях прокладання тимчасових електричних кабелів небезпечна зона визначається довжиною найбільшої конструкції, що може контактувати з проводами, плюс додатковий запас 1 м. Електропостачання майданчика здійснюється через повітряну лінію напругою 10 кВ із дотриманням вимог щодо захисту людей від ураження електричним струмом.

Проєктом передбачено заходи охорони праці та екологічного захисту: рослинний ґрунт знімається та складається окремо для подальшої рекультивзації; виробничі та побутові стоки відводяться тимчасовими трубопроводами у відповідні точки збору.

До небезпечних зон протягом будівництва належать:

– ділянки роботи кранів під час монтажу каркаса й огорожувальних конструкцій;

- зони розташування трансформаторів та тимчасових силових кабельних ліній;
- місця складування великогабаритних елементів і металевих ферм;
- ділянки монтажу кранового обладнання;
- місця зберігання лакофарбових матеріалів, що відносяться до вибухопожежонебезпечних.

Генеральний план будівельного майданчика розроблений із урахуванням безпечної роботи вантажопідіймальної техніки. Склади матеріалів та побутові приміщення винесені за межі зони дії монтажного крана. Тимчасові під'їзди виконані достатньої ширини для роз'їзду зустрічного транспорту.

Для забезпечення належних санітарно-побутових умов передбачено тимчасові мережі водопостачання та каналізації, які подаються до відповідних сервісних приміщень. Пожежна безпека забезпечується розміщенням пожежних щитів, засобів первинного гасіння та встановленням пожежного гідранта поблизу зони зберігання легкозаймистих матеріалів.

Генплан враховує мінімальні протипожежні розриви між тимчасовими спорудами та передбачає два окремі в'їзди на територію майданчика для забезпечення доступу пожежної техніки. Місця зберігання вибухонебезпечних матеріалів розташовані на безпечній відстані від побутових приміщень та маршрутів пересування людей.

Під час організації робочих процесів визначаються зони постійно діючих небезпечних виробничих факторів, до яких належать:

- смуга шириною до 2 м уздовж перепадів висоти більше ніж 1,3 м;
- місця руху будівельної техніки та механізмів;
- ділянки, над якими відбувається переміщення вантажів кранами.

Такі зони позначаються, огорожуються та контролюються протягом усього періоду будівництва.

Будівельно-монтажні роботи, що виконуються з використанням електрифікованого інструменту, механізмів та обладнання (наприклад, зварювальних апаратів, бетонних вібраторів, штукатурних машин, стрічкових

конвеєрів), належать до підвищено небезпечних. Особливо небезпечними є зони, де роботи проводять на відкритому повітрі під дощем чи під навісами, а також ділянки, пов'язані з водою — бетонування, відкачування або електропрогрів.

Всі електропроводки мають бути надійно ізолювані. Живлення електроінструменту здійснюється від трифазної мережі із заземленою нейтраллю, а металеві частини обладнання, що можуть опинитись під напругою, заземлюють або з'єднують із захисним нульовим проводом. Передбачено автоматичне відключення аварійної ділянки мережі при появі напруги, небезпечної для життя.

У траншеях для переносного освітлення застосовується напруга не вище 12 В. Тимчасові проводи підвішують на висоті не менше 2,5 м над робочими зонами, 3,5 м над проходами та 6 м над транспортними проїздами.

У разі обриву проводу чи падіння кабелю на землю не допускається наближення ближче ніж на 10 м; вихід із небезпечної зони виконується дрібними кроками або стрибками на одній нозі.

Під час роботи з електроінструментом та механізмами використовуються засоби індивідуального захисту: діелектричні рукавички, килимки, інструмент з ізолюваними ручками, покажчики напруги, а для робіт під напругою 1000 В — ізолювальні штанги, кліщі, переносні майданчики. Усі засоби захисту перевіряються перед використанням.

4.4 Розрахунок заземлення

1. Згідно з Нормами допустимий опір заземлювального пристрою $R_3 \leq 40 \text{ м}$.
2. Необхідний опір штучних заземлювачів, ув'язнених паралельно:

$$\frac{1}{R_H} = \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_C} \Rightarrow R_U = \frac{R_3 \cdot R_C}{R_3 + R_C} \quad (4.2)$$

Приймаю опір природних заземлювачів $R_C = 80 \text{ м}$.

$$R_U = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = 2,7 \text{ м}$$

3. Розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням висихання ґрунту влітку та промерзання взимку:

$$P_{\text{розр}} = P_{\text{ізм}} \cdot \psi$$

За відсутності даних вимірювань для розрахунку користуються зразковими значеннями питомих опорів ґрунтів:

$$P = 100 \cdot 1,2 \cdot 10^2 - 12000 \cdot \text{Ом}$$

4. Опір розтіканню електрода:

$$R_O = 0,0027P = 0,0027 \cdot 12000 = 32,4 \text{ Ом}$$

5. Число вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_O}{K_{uc} \cdot R_U}, \quad (4.3)$$

де:

K_{uc} - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів ,

$$D_{o_{ic}} = 0,55$$

$$n = \frac{32,4}{0,55 \cdot 2,7} = 21,8 \text{ шт}$$

Округлюю число заземлювачів до цілого, більшого і приймаю $n = 22$ шт.

6. Загальний опір заземлювального пристрою:

$$R_3 = \frac{R_U \cdot R_C}{R_U + R_C} = \frac{2,7 \cdot 8}{2,7 + 8} = 2 \text{ Ом}$$

Отриманий опір заземлювального пристрою $R_3 = 2 \text{ Ом}$ відповідає вимогам ПУЕ $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$.

У цьому розрахунку пропонується використовувати вертикальні електроди з круглої сталі $\varnothing 12$ мм довжиною 5 м і глибиною закладення 0,7 м (верхній кінець електрода знаходиться на відстані 0,7 м від поверхні землі) у кількості 22 шт. Для зв'язку між собою вертикальних заземлювачів пропонується використовувати горизонтальні електроди із круглої сталі $\varnothing 10 \varnothing 12$ мм.

4.5 Заходи щодо захисту від шуму та вібрації

На будівельному майданчику значна частина технологічних процесів супроводжується підвищеним рівнем шуму та вібрації. Під час розробки ґрунту екскаваторами, забивання палів копровими установками (до 110 дБ), ущільнення ґрунту віброплитами та вібротрамбівками (105–115 дБ) створюються інтенсивні акустичні навантаження. Додатковими джерелами шуму є компресорні установки, насосне обладнання, вентилятори, трубопровідні системи переміщення матеріалів, а також механізми для зрубівання палів.

Відповідно до чинних нормативів з охорони праці та санітарних вимог, проектом передбачено комплекс технічних і організаційних заходів для зменшення впливу шуму і вібрації на працівників.

Для зменшення рівня шуму безпосередньо у працюючому обладнанні передбачено:

- усунення люфтів та надмірних зазорів у зубчастих та валових передачах;
- регулярне мастило тертьових поверхонь у вузлах і з'єднаннях;
- балансування обертових елементів;
- застосування звукоізолюючих кожухів та панелей із щільних матеріалів;
- встановлення шумозахисних бар'єрів навколо джерел інтенсивного шуму;
- монтаж віброізолюючих прокладок і демпферів у місцях кріплення обладнання.

Для зниження вібрацій металевих огорожувальних елементів, які можуть працювати в резонансних режимах, застосовується нанесення віброабсорбуючих матеріалів (гума, полімерні мастики, спеціальні пластики), що розсіюють енергію коливань.

У випадках, коли технічними рішеннями неможливо знизити шум до допустимих рівнів, працівникам надають засоби індивідуального захисту слуху та рук:

- протишумові навушники або внутрішньовушні вкладиші;
- шоломи для роботи в умовах шуму понад 120 дБ;
- віброзахисні рукавиці та прокладки під долоні;
- спеціальне віброзахисне взуття для роботи з ручним механізованим інструментом.

Засоби захисту підбираються відповідно до рівнів шуму та спектру вібрацій, визначених виробничими вимірюваннями.

Для забезпечення акустичного комфорту персоналу після введення будівлі в експлуатацію проектом передбачено:

- розміщення шумних виробничих зон (компресорної, вентиляційних камер тощо) на віддаленні від адміністративних та технологічних приміщень;
- встановлення шумоглушників у системах вентиляції та повітропроводах;
- облицювання внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій у механічних та компресорних зонах звукопоглинальними матеріалами;
- розміщення вентиляційного та насосного обладнання на віброізолюючих платформах із використанням гнучких гумових або полімерних компенсаторів.

Такі рішення знижують рівень структурного шуму та передавання коливань на будівельні конструкції.

З урахуванням сучасних вимог пропонується також:

- виконання періодичного шумового моніторингу будмайданчика та виробничих приміщень після введення в експлуатацію;
- обмеження часу перебування працівників у зонах інтенсивного шуму згідно з гігієнічними регламентами;
- застосування сучасних низькошумних моделей компресорів та генераторів;
- встановлення мобільних шумозахисних екранів у зоні роботи копрових і забивних установок;

- відокремлення джерел вібрації фундаментами чи окремими підставами для мінімізації передачі коливань на каркас будівлі.

РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

5.1. Аналіз технічного стану будівельних металевих конструкцій

Україна традиційно належить до найбільш металонасичених економік Східної Європи, однак значна частина наявного металевого фонду характеризується недостатньою корозійною стійкістю, обмеженою довговічністю та загалом нижчим рівнем надійності порівняно з показниками, яких досягли промислово розвинуті країни. За результатами багаторічних спостережень встановлено, що металоємність основних виробничих фондів країни істотно зменшилася – приблизно на третину, і вже на початок 2000-х років складала близько 580 млн тонн.

Найбільші втрати металу припадали на 1990-ті роки, коли щорічне вибуття металоконструкцій сягало 15–18 млн тонн. Це зумовлювалося старінням обладнання, низькими темпами оновлення виробничих потужностей і значним обсягом брухтозаготівлі. Лише після 2003 року ситуація почала стабілізуватися: щорічні втрати скоротилися до 10–13 млн тонн, а вводи нового обладнання збільшилися до 4–6 млн тонн на рік.

Стан металоконструкцій у багатьох галузях промисловості — гірничодобувній, металургійній, машинобудівній, а також у транспортній, житлово-комунальній інфраструктурі й будівництві — протягом останніх десятиліть спричинив значну кількість аварій, частина яких мала трагічні наслідки. Переважно аварії були пов'язані з високим ступенем зношеності основних фондів, відсутністю системної інженерної діагностики та недостатньою увагою до своєчасних ремонтів і реконструкції.

Якщо враховувати типовий строк експлуатації сталевих конструкцій промислових будівель (орієнтовно 40–50 років), можна стверджувати, що близько 7–8 % металевого фонду України перебуває на межі повного вичерпання ресурсу та потребує негайного обстеження й оновлення. Аналіз стану будівель і споруд, зведених як у середині ХХ століття, так і протягом

останніх десятиліть, демонструє недостатню організованість у сфері технічного утримання – нерегулярність оглядів, відсутність комплексного моніторингу, невчасність ремонтів та фактичну відсутність системи управління надійністю.

За умов обмежених масштабів нового будівництва питання обстеження та оцінки технічного стану сталевих конструкцій, визначення їх залишкового ресурсу та реальних експлуатаційних навантажень набувають особливої актуальності. Надійність промислових споруд безпосередньо пов'язана з безпекою людей, які постійно перебувають у таких будівлях, а також з ризиками виникнення аварій техногенного характеру.

Ключовим елементом забезпечення довговічності та безпечної експлуатації металоконструкцій є багаторівневий моніторинг на всіх етапах життєвого циклу – від проєктування і виготовлення до експлуатації, ремонтів та модернізації. Важливе значення мають методи прогнозування залишкового ресурсу, що враховують корозійні пошкодження, неоднорідність утрат перерізів та зміни механічних характеристик сталі у часі. Сучасні обстеження дають змогу уточнювати математичні моделі корозійного зносу, що дозволяє більш точно оцінювати фактичну несучу здатність елементів і конструкцій загалом.

Окремо слід відзначити, що за статистикою останніх 15 років найбільш уразливими серед сталевих конструкцій виявилися ферми покриттів і перекриттів. Їх надійність знижується через значну кількість елементів та з'єднань, які працюють у складних напружених станах, а відмова будь-якого з них може спричинити руйнування всієї конструкції. Ферми чутливі до якості виготовлення, точності монтажу, можливих монтажних або експлуатаційних перевантажень, а також до корозійних процесів, що поступово зменшують ефективний переріз елементів.

З огляду на це, при проєктуванні нових промислових будівель, зокрема об'єкта з виробництва технологічних матеріалів у Чернігівській області, особливу увагу необхідно приділяти:

- забезпеченню корозійної стійкості сталевих конструкцій;

- правильному вибору типів з'єднань і вузлів;
- можливості ревізії та обслуговування елементів каркаса;
- контролю якості виготовлення й монтажу;
- закладенню потенціалу для подальшого моніторингу технічного стану.

Такі підходи відповідають сучасним вимогам безпеки та дозволяють мінімізувати ризики виникнення аварій, продовжити термін експлуатації споруди та забезпечити високу надійність об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу. Основні технічні причини відмов конструкцій будівель і споруд, що призвели до аварій, узагальнені в таблиці 6.1.

Таблиця 5.1 - Причини відмови сталевих конструкцій.

Основна технічна причина відмови сталевих конструкцій, яка призвела до аварії	Аварії	
	число	% до загальної кількості
Руйнування по основному металу	9	27
Руйнування зварних швів	5	15
Руйнування вузлів з'єднань конструкцій між собою	3	9
Місцева втрата стійкості	9	27
Загальна втрата стійкості	6	18
Великі деформації	1	4

З таблиці видно, найбільш частою причиною відмови є втрата стійкості

5.2 Корозія будівельних металоконструкцій

Для проєкту промислової будівлі зі сталевим каркасом у Чернігівській області питання корозійного захисту металевих конструкцій є ключовим чинником довговічності та надійності. Сучасний підхід поєднує нормативну базу (насамперед систему стандартів ISO 12944 та їхні національні аналоги) з результатами нових досліджень у галузі лакофарбових покриттів, гібридних

полімерних систем і нанокомпозитів. Стандарти серії ISO 12944 та їх українські адаптації (ДСТУ ISO 12944, зокрема частина 5, що регламентує типи захисних лакофарбових систем для сталевих конструкцій) визначають принципи підбору систем покриттів залежно від категорії агресивності середовища, якості підготовки поверхні та очікуваного строку служби.

Український ДСТУ Б В.2.6-193:2013 додатково регламентує антикорозійний захист конструкцій будівель та споруд на рівні робочих креслень, включно з відображенням типу покриття, товщини шарів та вузлів стикування.

Для умов Чернігівської області сталевий каркас промислової будівлі працюватиме переважно в умовах атмосферної корозії з періодичним зволоженням, дією опадів, конденсату та можливим впливом промислових забруднювачів (категорії C3–C4 за ISO 12944 для помірно й високо агресивного середовища).

У таких умовах найбільш небезпечними видами корозії є атмосферна, щілинна та корозія у зонах застою вологи, а також локальні форми – пітинг, підплівкова й корозія під напруженням у вузлах зварних і болтових з'єднань. На практиці це означає, що навіть при відносно невеликій загальній втраті перерізу місцеві ушкодження в зоні швів, стиків ферм, опорних ребер тощо можуть стати причиною передчасного вичерпання несучої здатності.

Сучасні дослідження показують, що традиційні епоксидні й алкідні системи можна істотно підсилити за рахунок гібридних полімерів (епоксі–поліуретанові системи) та нанонаповнювачів на основі модифікованих оксидів металів, поліаніліну або шаруватих силікатів. Зокрема, показано, що епоксидно-поліуретанові гібриди з оптимізованим вмістом епоксидної смоли мають кращу механічну міцність та хімістійкість порівняно зі звичайними епоксидними покриттями, що напряду підвищує термін служби сталевих конструкцій.

Інші роботи демонструють, що введення невеликої кількості поліанілін-силіцій (IV) оксиду або глини з оксидом алюмінію в епоксидну матрицю

суттєво збільшує корозійну стійкість та електричний опір покриття в соляних середовищах, що важливо для захисту зовнішніх сталевих елементів.

Окремий напрям – нанокompозити на основі модифікованого цинку, які забезпечують самовідновлювальну (self-healing) здатність покриття та кратне зменшення швидкості корозії навіть за наявності подряпин.

Для проєкту промислової будівлі зі сталевим каркасом доцільно приймати багат шарову систему захисту, яка поєднує перевірені рішення, зафіксовані в ISO 12944-5, із елементами сучасних модифікованих хімічних складів.

Базовою є тришарова схема: (1) ґрунтовий шар на основі цинк-насиченої епоксидної композиції, що забезпечує катодний захист та високу адгезію до сталі; (2) проміжний епоксидний шар із фосфатним антикорозійним пігментом та модифікованими мінеральними або полімерними наповнювачами для покращення бар'єрних властивостей; (3) фінішний поліуретановий або поліаспарагіновий шар із підвищеною УФ-стійкістю та стійкістю до атмосферного старіння. Подібні системи рекомендовані міжнародними та національними стандартами для довготривалого захисту сталевих конструкцій у зовнішньому середовищі.

Для заводського фарбування окремих елементів (наприклад, вторинних конструкцій, огорожень, допоміжних ферм) можна передбачити порошкові поліефірні або епоксиполіефірні покриття, які за умови правильної підготовки поверхні забезпечують строк служби 10–30 років в умовах атмосферного впливу.

У рамках «моделювання поліпшених хімічних сполук» доцільно говорити не про вигадання принципово нових небезпечних реагентів, а про оптимізацію складу компонентів існуючих систем покриттів із урахуванням вимог чинних норм і тенденцій до екологізації. Одним із перспективних напрямів є використання безхроматних фосфатних антикорозійних пігментів на основі алюмінію, модифікованих органічними добавками й природними наповнювачами. Останні дослідження демонструють, що композиції на основі

алюмінійфосфатного пігменту із додаванням органічних компонентів, зокрема біогенних наповнювачів типу подрібненої шкаралупи горіха, дозволяють підвищити корозійну стійкість лакофарбових покриттів за рахунок покращення мікроструктури плівки та контролю дифузії вологи.

Для нашого об'єкта це може бути реалізовано шляхом застосування епоксидного проміжного шару з пігментом на основі алюмінійфосфатної фази та дрібнодисперсного органо-наповнювача, що зменшує проникнення агресивних агентів до металу й одночасно знижує екологічні ризики, пов'язані з використанням традиційних хроматів.

Другий блок удосконалень стосується полімерної матриці покриттів. Замість класичної «чистої» епоксидної системи доцільно застосовувати епоксі-поліуретанові або епоксі-поліефірні гібридні зв'язувальні, у які вводяться невеликі кількості функціональних нанонаповнювачів (модифікований оксид кремнію, глинисті мінерали, провідні полімери типу поліаніліну). Дослідження свідчать, що такі нанокompозитні епоксидні покриття демонструють суттєве підвищення опору дифузії електроліту, кращу тріщиностійкість і, відповідно, більший строк служби в умовах соляних та вологих атмосфер.

Для промислової будівлі це особливо важливо в зонах, де можливе періодичне зволоження конструкцій, утворення конденсату чи дії агресивних аерозолів (наприклад, у районі вентиляційних викидів або над виробничими лініями, що генерують пари реагентів).

Третій напрям – включення до складу ґрунтових шарів модифікованих цинковмісних наночастинок, які поєднують бар'єрну та «самолікувальну» функцію. Такі нанокompозити формують у матриці епоксидного покриття мікрорезервуари інгібіторів, що вивільняються у зонах пошкоджень і дозволяють значно знизити швидкість корозії навіть при порушенні цілісності плівки.

На рівні проекту це можна описати як «ґрунт-емаль епоксидна, модифікована нанодисперсним цинковмісним інгібітором, сумісним із

системою згідно з ДСТУ ISO 12944-5», без зазначення конкретної торгової марки.

Усі вказані рішення повинні бути формалізовані в комплекті робочої документації: у пояснювальній записці – через опис прийнятої системи захисту та обґрунтування її довговічності в категорії середовища Чернігівської області, а на кресленнях – згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-193:2013 щодо антикорозійного захисту конструкцій будівель і споруд (позначення шарів, сумарної товщини, вузлів стиків і місць підвищеного ризику зволоження).

За потреби цю частину можна розширити окремим підрозділом «Оптимізація хімічного складу захисних покриттів» у розділі, присвяченому надійності та довговічності сталевого каркаса.

5.3 Вплив температурного режиму та вологості повітря на технологічний стан металокопункцій

Спробуємо розробити модель швидкості корозії та змодельуємо при різних умовах.

Вводимо умовну швидкість корозії v_{cor} у відносних одиницях (можна інтерпретувати як мм/рік, але це саме *модель*, не норма).

Для незахищеної сталі:

$$v_0(T, RH) = 0,10 \cdot f_{RH} \cdot e^{0,03(T-20)}, \quad (5.1)$$

- де:

T – температура повітря, °C (0–40 °C),

RH – відносна вологість, %,

f_{RH} – коефіцієнт впливу вологості:

$RH < 60\% \rightarrow f_{RH}=0,2$ (корозія сильно пригнічена),

$60-80\% \rightarrow f_{RH}=1,0$,

$RH > 80\% \rightarrow f_{RH}=1,8$ (різке прискорення корозії при високій вологості).

Для систем захисту:

- стандартне покриття (звичайна епоксі-/поліуретанова система):

$$v_{\text{std}}=0,3 v_0$$

- вдосконалена система (гібридне/наномодифіковане покриття):

$$v_{\text{adv}}=0,1 v_0$$

Тобто ми моделюємо, що стандартне покриття у середньому знижує швидкість корозії ~у 3 рази, а вдосконалене — приблизно у 10 разів.

Таблиця 5.1 - Модельні значення швидкості корозії при RH=70%

№ п/п	Температура, °C	Швидкість корозії без захисту	Швидкість корозії стандартна	Швидкість корозії при вдосконаленому захисті
1	0	0.0549	0.0165	0.0055
2	10	0.0741	0.0222	0.0074
3	20	0.1	0.03	0.01
4	30	0.135	0.0405	0.0135
5	40	0.182	0.0547	0.0182

Таблиця 5.2 - Модельні значення швидкості корозії при RH=80%

№ п/п	Температура, °C	Швидкість корозії без захисту	Швидкість корозії стандартна	Швидкість корозії при вдосконаленому захисті
1	0	0.098	0.0296	0.0099
2	10	0.13	0.04	0.013
3	20	0.18	0.054	0.018
4	30	0.243	0.072	0.0243
5	40	0.328	0.098	0.0328

Таблиця 5.3 - Модельні значення швидкості корозії при RH=90%

№ п/п	Температура, °C	Швидкість корозії без захисту	Швидкість корозії стандартна	Швидкість корозії при вдосконаленому захисті
1	0	0.098	0.0296	0.0099
2	10	0.133	0.04	0.0133

3	20	0.18	0.054	0.018
4	30	0.243	0.0729	0.0243
5	40	0.328	0.0984	0.0328

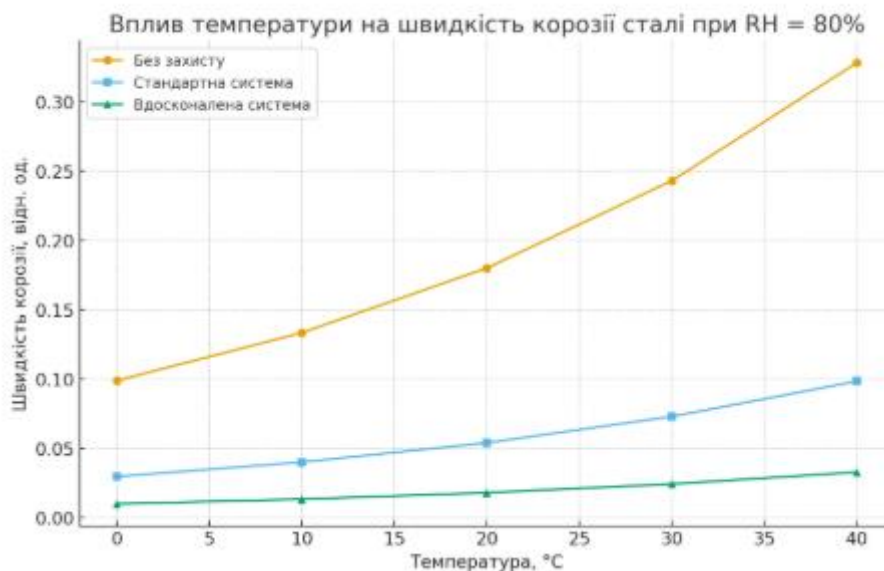


Рисунок 5.1 - Вплив температури на швидкість корозії сталі

5.4 Ступінь агресивності промислового середовища

Агресивність експлуатаційного середовища для сталевих конструкцій промислової будівлі зі сталевим каркасом у Чернігівській області є однією з ключових вихідних величин для проектування. Саме від неї залежить вибір марки сталі, конструктивної форми елементів, типу та товщини захисних покриттів, а також вимоги до режиму експлуатації та періодичності оглядів і ремонтів.

Основними показниками, що визначають ступінь агресивності середовища щодо металевих конструкцій, є відносна вологість повітря, температура, можливість утворення конденсату, хімічний склад і концентрація газів та пилу, наявність аерозолів агресивних рідин, а також спосіб їх впливу (безпосередній контакт чи дія через повітряне середовище). Для промислової будівлі у Чернігівській області це, як правило, поєднання атмосферної дії зовні

(дощ, сніг, тумани, промислові викиди) та внутрішньоцехового середовища, сформованого технологічним процесом виробництва технологічних матеріалів.

За характером середовища умовно виділяють дві великі групи конструкцій:

- зовнішні конструкції, що працюють на відкритому повітрі у загальнозаводській або міській атмосфері;
- внутрішні конструкції, що експлуатуються всередині цехів та інших приміщень.

Для зовнішніх елементів каркаса вирішальними є кліматичні особливості району будівництва, рівень забруднення атмосфери промисловими газами й пилом, тривалість зволоження поверхні. Для внутрішніх конструкцій основний вплив має технологічний процес: види сировини й реагентів, наявність парів агресивних речовин, тепловиділення, вид та ефективність вентиляції. Додатково враховуються теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій, наявність аераційних ліхтарів, відкритих отворів, а також об'ємно-планувальні рішення, що визначають циркуляцію повітря і можливість локального зволоження.

Дія газоподібних домішок (SO_2 , SO_3 , HCl , Cl_2 , H_2S , NH_3 тощо) на швидкість корозії реалізується кількома шляхами: підвищення електропровідності вологих плівок на поверхні металу, збільшення гігроскопічності продуктів корозії, депасивація поверхні або катодна деполяризація. В Україні для оцінки впливу таких чинників та вибору захисних заходів застосовуються положення ДСТУ Б В.2.6-193:2013 щодо захисту будівельних конструкцій від корозії (без деталізації тут конкретних пунктів, оскільки у проекті важливі самі принципи: ідентифікація середовища – вибір системи захисту – розрахунок довговічності).

Важливу роль відіграє й запиленість повітря. Частинки пилу, що осідають на сталевих елементах, можуть:

- бути активними (солі натрію, сульфати, амонійні солі), збільшуючи електропровідність вологих плівок і гігроскопічність продуктів корозії;

- виступати адсорбентами, що полегшують поглинання газів і вологи, сприяючи капілярній конденсації;

- бути відносно інертними, але все ж впливати на формування локальних зон зволоження.

Нерівномірна запиленість може створювати осередки диференціальної аерації, що призводять до місцевого прискорення корозійного зносу. Для конструкцій зовнішнього каркаса та відкритих галерей це особливо актуально в районі промислових викидів і транспортних потоків.

Для інженерного проектування доцільно класифікувати середовище за ступенем агресивності. У спрощеному вигляді можна використовувати чотири ступені:

I – неагресивне середовище

Закриті збиральні, механічні, ремонтні цехи та складські приміщення без агресивних виділень, із нормальною вологістю та чистим повітрям. Інтенсивність корозійного зносу, як правило, менше 0,01 мм/рік.

II – слабо агресивне середовище

Будівлі частини сталеплавильних і прокатних цехів, агломераційні та випалювальні відділення, де присутні підвищені температури й запиленість, але без екстремальних концентрацій газів. Орієнтовні швидкості корозії – 0,01–0,05 мм/рік.

III – середньо агресивне середовище

Відкриті конструкції в індустріальній атмосфері, естакади, об'єкти зв'язку, опори ЛЕП, значна частина будівель металургійних та хімічних підприємств. Для таких умов характерні швидкості корозії близько 0,05–0,15 мм/рік, а місцеві ушкодження можуть бути суттєвішими.

IV – сильно агресивне середовище

Цехи кольорової металургії, хімічні виробництва, сірчаноокислотні, гідрометалургійні й інші об'єкти з високими концентраціями агресивних газів та аерозолів. Інтенсивність зносу переважно перевищує 0,15 мм/рік і в окремих зонах досягає 1,0–1,5 мм/рік.

За даними експлуатаційних спостережень, у цехах чорної металургії швидкість корозії сталевих конструкцій може змінюватися в межах 0,05–1,6 мм/рік, у кольоровій металургії – 0,01–1,4 мм/рік, у будівельній індустрії – до 0,37 мм/рік. Для умов експлуатації промислової будівлі в Чернігівській області (атмосферна дія помірного клімату, наявність періодичного зволоження і можливих промислових викидів) доцільно орієнтуватися на рівень від II до III ступеня агресивності для більшості зовнішніх елементів каркаса і вузлів, що сприймають основні навантаження.

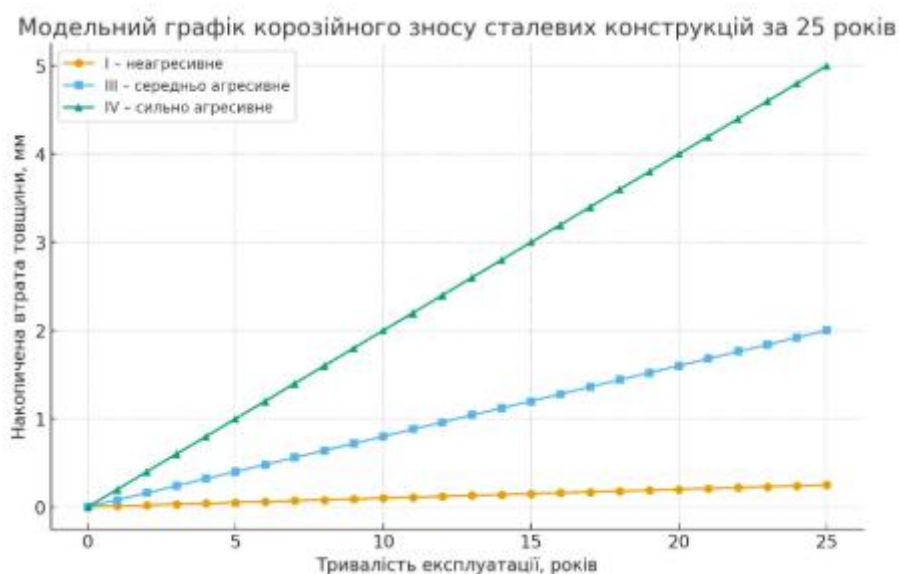


Рисунок 5.2 - Модельний графік корозійного зносу сталевих конструкцій

Таким чином, характер експлуатаційного середовища повинен безпосередньо впливати на:

- вибір марок сталей із урахуванням їх корозійної стійкості;
- призначення типу та товщини системи захисних покриттів (грунт – проміжний – фінішний шар, можливе застосування гарячого цинкування для найбільш відповідальних елементів);
- конструктивні рішення, що зменшують застій вологи й утворення щілинних зон (нахили полиць, уникання «кишень», забезпечення водовідведення);

- регламент технічних оглядів, періодичність поновлення покриттів і локального ремонту;

- можливість корозійного моніторингу (візуальні огляди, товщинометрія, контроль стану швів і вузлів).

Такий диференційований підхід дозволяє ще на стадії проектування спрогнозувати корозійний знос, виявити резерви несучої здатності впродовж строку служби і, відповідно, зменшити витрати металу й обсяг ремонтних робіт при створенні та експлуатації промислової будівлі зі сталевим каркасом у Чернігівській області.

5.5 Засоби підвищення довговічності металоконструкцій, які експлуатуються у агресивному середовищі

Під довговічністю металевих конструкцій слід розуміти їх здатність зберігати експлуатаційну придатність і несучу здатність протягом проектного строку служби за фактичних умов дії навантажень та середовища. Такий термін експлуатації досягнення граничного стану і визначає кількісний показник довговічності конструкції.

Для промислових будівель, у тому числі для об'єкта з виробництва технологічних матеріалів зі сталевим каркасом у Чернігівській області, питання довговічності є ключовими через вплив атмосферної корозії, технологічних викидів, періодичної конденсації вологи та пилу, що визначено у ДСТУ Б В.2.6-193:2013 (захист будівельних конструкцій від корозії) та відповідних положеннях ДБН В.1.2, ДБН В.2.6.

Забезпечення довговічності повинно вирішуватися комплексом заходів, серед яких основними є:

1. Зниження агресивності виробничого середовища

До внесення конструктивних рішень та вибору покриттів необхідно оцінити склад технологічного процесу та характер виділення агресивних домішок. Згідно з нормами, агресивність середовища можна зменшити завдяки:

- ізоляції технологічно шкідливих зон (травильні, хімічні, гальванічні, сушильні відділення) від основних виробничих ділянок, або їх розміщення з підвітряного боку за межами основної забудови;

- ефективним вентиляційним системам та аерації, що забезпечують видалення вологи, кислотних та лужних парів, диму, агресивного пилю;

- системам безперебійної технологічної каналізації для відведення стоків, що містять електроліти та хімічні домішки;

- локальним відсмоктуванням газів і парів безпосередньо в місцях їх утворення (витяжні шафи, повітроводи, герметизація технологічного обладнання).

Такі заходи дозволяють суттєво знизити інтенсивність корозійного впливу на сталеві елементи каркаса.

2. Вибір оптимальних конструкційних матеріалів

Підбір марки сталі значною мірою визначає довговічність конструкцій. Згідно з ДСТУ та європейськими EN-стандартами, для підвищення строку служби:

- низьколеговані сталі рекомендовано застосовувати частіше, ніж звичайні вуглецеві, оскільки їх корозійна стійкість у 2–3 рази вища;

- у середовищах з незначною та помірною агресивністю можуть застосовуватися атмосферостійкі сталі (типу COR-TEN, 10ХНДП, 15ХСНД), які здатні формувати захисний пасивуючий шар;

- для хімічно активних середовищ – розглядати сталі з підвищеним вмістом нікелю, міді, хрому, відповідно до експлуатаційних вимог;

- алюмінієві та плаковані сплави можуть застосовуватись для допоміжних елементів у слабкоагресивній атмосфері, оскільки формують природну оксидну плівку.

Для морського, хімічного або змішаного агресивного середовища алюмінієві сплави потребують додаткових покриттів через небезпеку точкової корозії та електрохімічної взаємодії з іншими металами.

3. Конструктивні рішення для зменшення корозійної небезпеки

Конструктивне виконання впливає на інтенсивність корозії не менше, ніж покриття. При проєктуванні сталевих каркасів:

- уникати конструктивних пасток для вологи — горизонтальних полиць, закритих порожнин, недоступних для огляду зон;
- забезпечувати швидке відведення конденсату та атмосферних опадів, ухили поверхонь, краплевідбійники;
- застосовувати розкриті стики, які легко контролювати та ремонтувати;
- приділяти увагу зварним швам, де ризик міжкристалітної корозії підвищений у зонах термічного впливу;
- передбачати антизавальні системи (поздовжні зв'язеві ферми) для збільшення аварійної живучості покриття.

4. Захисні покриття та регламент їх відновлення

Захисні системи вибирають згідно ДСТУ Б В.2.6-193:2013, ISO 12944 (класи корозійної агресивності C1–C5, CX) та з урахуванням умов експлуатації.

Для промислових будівель у кліматі Чернігівської області (помірна вологість, сезонна конденсація, можливі пилові викиди) переважно використовують:

- цинкові покриття (гаряче цинкування, металізація);
- епоксидні та поліуретанові системи для внутрішніх і зовнішніх поверхонь;
- три-шарові системи для середовища C3–C4 (грунт → епоксид → поліуретан);
- хімічно стійкі покриття для зон з кислотно-лужними викидами;
- інгібітори корозії, включаючи сучасні композиції на основі органічних аміносполук, нанодисперсних добавок, фосфатних інгібіторів.

Регламент огляду покриттів – згідно норм про технічне обслуговування:

- 1 раз на 1–2 роки для середовища C3,
- 1 раз на 0,5–1 рік для середовища C4–C5.

5. Підвищення надійності через якість виготовлення, монтажу та експлуатації

Для контролю довговічності конструкцій важливі:

- точність виготовлення елементів;
- контроль суцільності зварних швів;
- належна підготовка поверхні перед нанесенням покриття (ступінь очистки не нижче Sa 2½ за ISO 8501-1);
- інженерно-технічний супровід експлуатації (періодичний огляд, діагностика, ремонт).

Важливим інструментом є розрахункове моделювання довговічності, яке враховує:

- реальні спектри навантажень (снігові, вітрові, технологічні);
- температурні коливання;
- вологісний режим;
- інтенсивність корозійного середовища;
- можливість появи пікових навантажень за довготривалий період.

6. Значення експериментальних і діагностичних досліджень

Історично дослідження довговічності промислових сталевих конструкцій ведуться з 1930-х років у наукових центрах та виробничих інститутах України. Експериментальні методи (тензометрія, магнітопружні ефекти, неруйнівний контроль) дозволяють більш точно оцінити стан конструкцій та прогнозувати їх залишковий ресурс.

Для сучасних об'єктів рекомендується:

- регулярні вимірювання напружено-деформованого стану;
- акустико-емісійна діагностика;
- магнітопружні методи контролю внутрішніх напружень;
- перевірка товщини металу ультразвуковими дефектоскопами;
- визначення прогресуючого корозійного зносу за вимірними темпами втрати товщини.

5.6 Економічні аспекти підвищення довговічності металевих конструкцій

Підвищення довговічності металоконструкцій промислових будівель має не лише технічне, а й вагоме економічне значення. Втрати від корозії та передчасного виходу конструкцій з ладу формують значну частку експлуатаційних витрат протягом життєвого циклу будівлі. Світова практика свідчить, що прямі та непрямі корозійні втрати можуть досягати 3–5% ВВП країни, і тому питання оптимізації засобів протикорозійного захисту є одним із ключових у проектуванні промислових об'єктів.

Методичні підходи до оцінки економічної ефективності заходів щодо підвищення довговічності конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах, ґрунтуються на порівнянні приведених витрат альтернативних варіантів протягом повного терміну служби будівлі.

Приведені витрати охоплюють:

- витрати на виготовлення та монтаж конструкцій;
- витрати на підготовку поверхні та нанесення захисних шарів;
- витрати на експлуатацію, включаючи ремонт і відновлення покриття;
- врахування фактору часу через нормативний коефіцієнт ефективності.

Таким чином, найекономічнішим вважається той варіант конструктивного або захисного рішення, який забезпечує мінімум приведених витрат при забезпеченні нормативного строку служби будівлі.

Загальні приведені витрати визначаються за формулою:

$$Z = Z_H + Z_E$$

де:

Z_H — приведені витрати до початку експлуатації (виготовлення, монтаж, первинний протикорозійний захист);

Z_E — приведені експлуатаційні витрати (ремонти, відновлення покриття, заміна елементів).

Розрахунок здійснюється з використанням нормативного коефіцієнта ефективності капіталовкладень $E_n = 0,1$ (що відповідає вимогам техніко-економічного аналізу інвестицій у будівництві).

Капіталовкладення у t -й рік:

$$K_t = K_0(1 + E_n)^t \quad (5.2)$$

Де

K_0 — витрати у базовий рік;

$(1 + E_n)^t$ — коефіцієнт приведення.

Економічна ефективність заходів з підвищення довговічності визначається як:

$$E_{\text{річ}} = (Z_1 - Z_2) \cdot A \quad (5.3)$$

де

A — річний обсяг впровадження (наприклад, кількість відновлених або захищених конструкцій, m^2 покриття, тоннаж сталевих елементів).

Цей критерій дає змогу обґрунтовано порівнювати варіанти конструкцій, систем захисту та технічних рішень протягом усього 30–60-річного терміну служби промислового об'єкта.

Довговічні конструкції забезпечують:

1. Зниження вартості експлуатації

- менша кількість ремонтів;
- більший інтервал між відновленнями захисних покриттів;
- менші витрати на виведення обладнання з експлуатації під час ремонтів.

2. Зменшення витрат на аварійні ситуації

Корозійний знос є однією з головних причин аварійних відмов сталевих конструкцій. У промислових будівлях це може призводити до:

- зупинок виробництва;
- витрат на демонтаж/заміну;
- пошкодження обладнання та ризиків для персоналу.

3. Оптимізацію витрат життєвого циклу

Підвищення довговічності на 10–20 років може знизити загальні витрати на 25–40% за рахунок зменшення частоти капітальних ремонтів.

Одним із ключових економічних чинників є ступінь доступності поверхонь для нанесення покриття. Запиленість, складність перерізів та наявність прихованих зон збільшують витрати на фарбування та знижують якість покриття.

Дослідження показують:

- ферми з парних кутиків потребують на 21–27% більших витрат на антикорозійний захист, ніж трубчасті ферми, через складну геометрію;
- леговані сталі значно знижують загальні витрати протягом експлуатації;
- епоксидні покриття демонструють найкраще співвідношення «ціна/довговічність» для агресивних промислових середовищ.

Таблиця 5.4 – Витрати на антикорозійний захист ферм залежно від типу перерізу і матеріалу

Склад покриття	Кількість шарів	Марка сталі	Початкові витрати (I), грн/м ²	Витрати за 30 років (II)	Витрати за 60 років (III)
ЕП-0010 + ХВ-785	1	Ст3	4,68 / 2,81	23,64	32,67 / 44,80
	09Г2С	5,15 / 3,09	–	31,57 / 41,47	36,32 / 46,68
3	10ХСНД	6,55 / 3,93	–	28,42 / 36,22	31,75 / 39,98

Примітка: чисельник — трубчасті ферми, знаменник — ферми з парних кутиків.

Ферми з трубчастих перерізів є економічно доцільнішими, ніж ферми з кутиків, особливо для середньоагресивних і сильноагресивних середовищ (економія 21–27%).

Епоксидні системи покриттів забезпечують найкращу довговічність та найнижчі приведені витрати протягом строку служби.

Низьколеговані та атмосферостійкі сталі значно знижують експлуатаційні витрати через менший темп корозії.

Якість підготовки поверхні впливає на витрати до 30–40%, тому доцільно застосовувати дробоструминну очистку не нижче Sa 2½.

Оптимізація циклів обслуговування дозволяє знизити сумарні витрати протягом 60 років понад на 35–45%.

Для сталевих каркасів промислової будівлі у Чернігівській області рекомендації такі:

- вибір трубчастих елементів ферм та колон, мінімізація складних перерізів;
- застосування епоксиполіуретанових систем антикорозійного захисту для класу середовища C3–C4 (за ISO 12944);
- для зон технологічних викидів — посилене хімічностійке покриття;
- використання сталей типу 10ХСНД, 09Г2С у зовнішніх зонах;
- формування плану технічного обслуговування з інтервалом огляду 1 раз на 1–2 роки.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз технічних, експлуатаційних та економічних аспектів функціонування металевих конструкцій у промисловому середовищі показує, що довговічність сталевих каркасів безпосередньо залежить від характеристик агресивності навколишнього середовища, корозійної активності виробничих процесів та раціональності прийнятих конструктивних рішень. Найбільш суттєвими чинниками, що впливають на ресурс конструкцій, є вологість, температура, можливість утворення конденсату, запиленість і наявність корозійно-активних газів. Для умов Чернігівської області та характеру технологічної діяльності проєктованої будівлі такі фактори мають середній рівень впливу, але можуть інтенсифікуватися в залежності від режимів експлуатації.

Доведено, що підвищення довговічності конструкцій можливе лише за комплексного підходу, який поєднує: зниження агресивності виробничого середовища, оптимальний вибір матеріалів, форм перерізів та застосування ефективних систем захисних покриттів. Раціональним рішенням є використання низьколегованих та атмосферостійких сталей, трубчастих елементів ферм та колон, а також багат шарових епоксиполіуретанових покриттів, рекомендованих для категорій середовища С3–С4.

Економічний аналіз підтверджує, що витрати на протикорозійний захист становлять значну частку загальних витрат життєвого циклу конструкцій. Використання моделей приведених витрат свідчить, що оптимальний вибір матеріалів і покриттів може зменшити сумарні витрати експлуатації на 25–45% протягом 30–60 років. Зокрема, захист трубчастих ферм є економічно ефективнішим порівняно з фермами із кутиків, а епоксидні покриття демонструють максимальний термін експлуатації при мінімальних витратах протягом циклу.

Застосування сучасних систем антикорозійного захисту, правильна підготовка поверхонь та регламентовані інтервали обслуговування дозволяють

суттєво підвищити надійність металевих конструкцій. Це забезпечує зменшення ризиків аварій, підвищення безпеки виробництва, зниження витрат на ремонт та збільшення прогнозованого ресурсу споруди.

Таким чином, для проєктованої промислової будівлі у Чернігівській області рекомендовано застосовувати комплексну стратегію підвищення довговічності металевих конструкцій, що включає:

- вибір стійких сталей та оптимізованих конструктивних форм;
- використання протикорозійних систем з підтвердженою ефективністю;
- врахування економічних показників протягом усього життєвого циклу;
- організацію планового технічного обслуговування та моніторингу.

Реалізація цих рішень забезпечить надійну та довготривалу експлуатацію об'єкта, відповідність чинним нормам та суттєве скорочення витрат у процесі експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гетун Г.В. Основи проєктування промислових будівель. Навч. пос./ Г.В. Гетун / К. : Кондор, 2009. – 210 с.
 2. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій / О.В. Васильченко. – Харків : УЦЗ України, 2007. – 257 с
 3. Кінаш Р.І. Архітектурні конструкції виробничих будівель / Р.І. Кінаш. – Львів: Львівська політехніка, 2015. – 288 с.
 4. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений / И.А. Шерешевский. – М. : Архитектура-С, 2012. – 168 с
 5. Гнідець Б.Г. Збірно-монолітні залізобетонні конструкції. Проєктування, дослідження і впровадження в будівництво / Б.Г.Гнідець. – Львів: Львівська політехніка, 2014. – 260 с.
 6. Котеньова З.І. Архітектура будівель і споруд: навчальний посібник / З.І.Котеньова. – Харків: ХНУБА, 2007. – 170 с.
 7. Світлопрозорі огороження будинків. навч. посібник / О.Л. Підгорний, І.М. Щепетова, О.В. Сергейчук та ін. – К. : Видавець, 2005. – 282 с
- Допоміжна література
8. Основні вимоги до проєктної та робочої документації. Система проєктної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-4:2009. – [Чинний від 2009-24-01].
 9. Мінрегіонбуд України, 2009. – 47 с. – (Державні будівельні норми України)
 10. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Система проєктної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-24-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Державні будівельні норми України)
 11. Модульна координація розмірів у будівництві. Загальні положення : ДСТУ Б.В.1.3-3:2011. – [Чинний від 2012-30-12]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 16 с. – (Державні будівельні норми України).

12. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., СтороженкоЛ.І. Металеві конструкції. –Львів: Світ, 2002. –313с.

13. ДБН В.2.6-198-2014. Сталеві конструкції Норми проектування. –К.: Мінбуд України, 2006. –60 с.

14. Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В. Металеві конструкції: Підручник / Під загальною редакцією В.О. Пермякова. – К.: Видавництво «Сталь», 2008. – 812с.

15. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Норми проектування : ДБН В.1.2-14-2018. – К.: Мінбуд України, 2019.

16. ДСТУ Б В.1.2.-3:2006. Прогини та переміщення. Вимоги проектування. –К.: Мінбуд України, 2006. –11с.

17. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. –60 с.

18. ДСТУ EN ISO 8044:2018. Корозія металів та сплавів. Основні терміни та визначення понять (EN ISO 8044:2015, IDT; ISO 8044:2015, IDT). – Нац. стандарт України.

19. ДСТУ ISO 12944-1:2019. Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 1. Загальний вступ (ISO 12944-1:2017, IDT). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: uscc.ua (дата звернення: ..2025).

20. ДСТУ ISO 12944-4:2019. Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 4. Типи поверхні та її готування (ISO 12944-4:2017, IDT). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: dbn.co.ua / ksv.biz.ua (дата звернення: ..2025).

21. ДСТУ ISO 12944-5:2020. Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 5. Захисні лакофарбові системи (ISO 12944-5:2019, IDT). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: online.budstandart.com (дата звернення: ..2025).

22. ISO 12944-5:2019. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems. – International Organization for Standardization, Geneva, 2019.

23. Soumya C.C., George K.E., Narayanankutty S.K. Enhancement of corrosion resistance of epoxy resin with polyaniline–silica gel hybrid // Transactions of the Indian National Academy of Engineering. – 2023. – Vol. 8. – P. 353–361.

24. Bekbayeva L., Negim E., Al Azzam K.M., Zhanibekov R., Yeligbayeva G., Moldabayeva G.Z., Ewies E.F. Optimizing anticorrosion coating performance: Synthesis of polyurethane/epoxy hybrids // Polymers. – 2025. – Vol. 17, No. 11. – Article 1516. – DOI: 10.3390/polym17111516.

25. Hayatgheib Y., Ramezanzadeh B., Kardar P., Mahdavian M. A comparative study on the fabrication of a highly effective corrosion protective system based on graphene oxide–polyaniline nanofibers/epoxy composite // Corrosion Science. – 2018. – Vol. 133. – P. 358–373.

26. Kalendová A., Sapurina I., Stejskal J. Anticorrosion properties of polyaniline-coated pigments in organic coatings // Corrosion Science. – 2008. – Vol. 50. – P. 3549–3560.

27. Abbas A. Recent advances on organic coating system technologies for corrosion protection of offshore metallic structures // Journal of Molecular Liquids. – 2018. – Vol. 269. – P. 572–606.

