

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І ГОСПОДАРСТВА

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему «Оцінка надійності сталевих конструкцій промислових будівель,
що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств»

Виконав: студент 2 курсу, групи БУД 18-1мд

спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми «Міське будівництво та
господарство»

(код і назва освітньої програми)

Бурлак М.М.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Фостащенко О.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Сьомчина М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Будівництва та цивільної інженерії
Кафедра Міського будівництва і господарства
Рівень вищої освіти другий рівень (магістерський)
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Бурлак М.М.
« 03 » 03 20 21 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Бурлак Микола Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) «Оцінка надійності сталевих конструкцій
промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних
підприємств»

керівник роботи Фостащенко Олена Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року № 1542-с

2 Строк подання студентом роботи 08.01.2020

3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень,
значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики,
перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до
виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень,
передбачувані методи виконання досліджень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) проаналізувати та узагальнити методичні підходи прогнозування
залишкового ресурсу експлуатованих сталевих конструкцій промислових
будівель в Україні; проаналізувати нормативну базу та результати досліджень
щодо проблеми оцінки надійності сталевих конструкцій промислових будівель,
що експлуатуються в агресивних умовах; виконати оцінку процесу накопичення
дефектів і пошкоджень сталевих конструкцій будівель і споруд та їх впливу на
параметри надійності; аналіз параметрів дійсного напружено-деформованого

АНОТАЦІЯ

Бурлак М.М. Оцінка надійності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.М. Фостащенко. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра міського будівництва та господарства, 2020.

В роботі виконана оцінка залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи.

Ключові слова: АГРЕСИВНІ УМОВИ, ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ, НАДІЙНОСТЬ, ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС, АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ОБСТЕЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ, АВАРІЇ, ДІАГНОСТИКА

ABSTRACT

Burlak N.N. Reliability assessment of steel structures of industrial buildings operated in aggressive conditions of metallurgical enterprises.

Qualification work for obtaining a higher education degree of a master in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor H.N. Fostashchenko. Faculty of Civil Engineering and Civil Engineering, Department of Urban Construction and Economics, 2020.

The work estimates the residual life of operated structures of industrial buildings operated in aggressive conditions on the basis of methods and means of technical diagnostics and taking into account actual loads and impacts on buildings to ensure their normal operation for a given period of work.

стану експлуатованих сталевих конструкцій, що експлуатуються в агресивних умовах і формулювання вимог до системи технічної діагностики будівель споруд.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень). Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обчислень наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів дослідження.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Фостащенко О.М., доцент		
2	Фостащенко О.М., доцент		
3	Фостащенко О.М., доцент		
4	Фостащенко О.М., доцент		

1 Дата видачі завдання 03.09.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище консультанта
1.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	20 жовтня	
2.	АНАЛІЗ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ЕСТАКАДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВІДІВ	15 листопада	
3.	ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС ЕКСПЛУАТОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ГОЛОВНОГО КОРПУСУ ДІЛЯНКИ ПО ВИРОБНИЦТВУ СІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ	10 грудня	
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	25 грудня	
	Попередній захист	8 січня	

Студент (підпис)

Бурлак М.М.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) (підпис)

Фостащенко О.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис)

Фостащенко О.М.
(ініціали та прізвище)

Key words: AGGRESSIVE CONDITIONS, CORROSION PROTECTION, RELIABILITY, RESIDUAL RESOURCES, ANALYSIS OF TECHNICAL STATUS, AVOICIA

АННОТАЦІЯ

Бурлак Н.Н. Оценка надежности стальных конструкций промышленных зданий, эксплуатируемых в агрессивных условиях металлургических предприятий.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель Е.Н. Фосташенко. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра городского строительства и хозяйства, 2020.

В работе выполнена оценка остаточного ресурса эксплуатируемых конструкций промышленных зданий, эксплуатируемых в агрессивных условиях на основе методов и средств технической диагностики и учета фактических нагрузок и воздействий на здания для обеспечения их нормальной эксплуатации в течение заданного срока работы.

Ключевые слова: АГРЕССИВНЫЕ УСЛОВИЯ, ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ, НАДЕЖНОСТЬ, ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС, АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ, АВАРИИ, ДИАГНОСТИКА

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	9
1.1 Методи оцінки технічного стану експлуатованих промислових будівель	9
1.2 Залишковий ресурс експлуатованих металевих конструкцій промислових будівель	11
1.3 Технічний стан експлуатованих промислових будівель в Україні	18
1.4 Діагностика технічного стану будівельних конструкцій	21
1.5 Паспорт технічного стану будівлі та нормативні документи	31
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ЕСТАКАДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ	36
2.1 Оцінка технічного стану і експлуатаційної придатності будівельних конструкцій естакади технологічних трубопроводів	36
2.2 Перевірочний розрахунок конструкцій	46
РОЗДІЛ 3 ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС ЕКСПЛУАТОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ГОЛОВНОГО КОРПУСУ ДІЛЯНКИ ПО ВИРОБНИЦТВУ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ	
3.1 Коротка характеристика об'єкту	61
3.2 Обстеження будівельних конструкцій	62
3.3 Урахування недосконалостей в конструкціях, що експлуатуються тривалий час	74
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	81
4.1 Заходи щодо пожежної безпеки і захисту будівельних конструкцій від корозії	81
4.2 Розрахунок траверси для монтажу металевої ферми прольотом 36 м	82
4.3 Техніка безпеки при монтажі металевих конструкцій будівлі	84
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	102

ВСТУП

Актуальність теми. Запоріжжя найбільший промисловий мегаполіс України. В ньому зосереджені машинобудівельний, енергетичний та металургійний комплекси державного значення. В запорізькому регіоні діють понад 160 промислових підприємств. Серед основних галузей промисловості лідирують металургія та металообробка, машинобудування. Питома вага промислових підприємств в цілому складає 86 %.

На сьогодні Запоріжжя - обласний центр України з населенням понад 800 тис. чоловік. По промислового потенціалу місто займає третю позицію в Україні. Продукція запорізьких підприємств користується попитом не тільки в СНД, але і в країнах Європи.

Аналіз технічного стану будівель і споруд, побудованих не лише в 50-70 роки, але і в останні 10-20 років, свідчить про те, що в їх змісті немає належного порядку, відповідної системи, яка забезпечувала б кваліфіковану експлуатацію, технічну діагностику їх стану, своєчасний ремонт, реновацію і попереджала б аварії, забезпечуючи таким чином збереження народного надбання і небажані порушення екологічного стану довкілля. Велика частина цього фонду має значну фізичну зношеність і пошкодженість. Оскільки масштаби будівництва нових будівель і споруд невеликі, то виникає проблема забезпечення надійності експлуатації існуючих промислових будівель. Чинні нормативні документи України не дозволяють здійснювати достовірну оцінку дійсного напружено-деформованого стану експлуатованих конструкцій будівель і споруд, оскільки в них відсутні вказівки і рекомендації за визначенням фактичних навантажень і дій, практично не вирішені питання технічної діагностики конструкцій в реальних умовах експлуатації, до сьогоднішнього дня не вирішено завдання кваліфікованої оцінки залишкового ресурсу конструкцій.

Таким чином, актуальною проблемою є розробка методів оцінки надійності сталевих конструкцій, що експлуатуються в агресивних умовах. Аналіз функціональних вимог і технічних характеристик будівельних об'єктів за даними експертного діагностування конструкцій сприяють формуванню програм забезпечення надійності (ПЗН) і дозволяють визначити об'єми ремонтно-відновлюваних робіт для підтримки експлуатаційних параметрів.

Мета і задачі роботи. Мета роботи - полягає в оцінці залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи.

Завданням цієї роботи є дослідження надійності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачене рішення наступних задач:

- проаналізувати та узагальнити методичні підходи прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій промислових будівель в Україні;
- проаналізувати нормативну базу та результати досліджень щодо проблеми оцінки надійності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах;
- виконати оцінку процесу накопичення дефектів і пошкоджень сталевих конструкцій будівель і споруд та їх впливу на параметри надійності;
- аналіз параметрів дійсного напружено-деформованого стану експлуатованих сталевих конструкцій, що експлуатуються в агресивних умовах і формулювання вимог до системи технічної діагностики будівель і споруд.

Об'єкти досліджень - металеві конструкції будівель і споруд, що знаходяться в агресивних умовах експлуатації металургійних підприємств.

Предмет досліджень - оцінка дійсного технічного стану експлуатованих сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах з урахуванням накопичення недосконалостей, фактично діючих навантажень та впливів.

Методи дослідження. Методи будівельної механіки при чисельному аналізі дійсного напружено-деформованого стану експлуатованих конструкцій промислових будівель.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі виконано науковий пошук моделей оцінки і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу. Наведені результати експериментальні-теоретичної оцінки дійсного стану експлуатованих металевих конструкцій з урахуванням реальних чинників експлуатації, зовнішніх навантажень і впливів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу.

Особистий внесок автора. Виконання оцінки технічного стану і експлуатаційної придатності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств в місті Запоріжжі.

Відомості про публікації здобувача. ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, БУДІВЕЛЬ І СПОРУД – тези доповіді на XII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019».

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається з вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 117 сторінках, 10 таблиць, 57 рисунків. Для написання даної роботи використано 169 літературних джерела.

РОЗДІЛ I

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запоріжжя найбільший промисловий мегаполіс України. В ньому зосереджені машинобудівельний, енергетичний та металургійний комплекси державного значення. В запорізькому регіоні діють понад 160 промислових підприємств. Серед основних галузей промисловості лідирують металургія та металообробка, машинобудування. Питома вага промислових підприємств в цілому складає 86 %.

На сьогодні Запоріжжя - обласний центр України з населенням понад 800 тис. чоловік. По промисловому потенціалу місто займає третю позицію в Україні. Продукція запорізьких підприємств користується попитом не тільки в СНД, але і в країнах Європи.

Аналіз технічного стану будівель і споруд, побудованих не лише в 50-70 роки, але і в останні 10-20 років, свідчить про те, що в їх змісті немає належного порядку, відповідної системи, яка забезпечувала б кваліфіковану експлуатацію, технічну діагностику їх стану, своєчасний ремонт, реновацію і попереджала б аварії, забезпечуючи таким чином збереження народного надбання і небажані порушення екологічного стану довкілля. Велика частина цього фонду має значну фізичну зношеність і пошкодженість. Оскільки масштаби будівництва нових будівель і споруд невеликі, то виникає проблема забезпечення надійності експлуатації існуючих промислових будівель. Чинні нормативні документи України не дозволяють здійснювати достовірну оцінку дійсного напружено-деформованого стану експлуатованих конструкцій будівель і споруд, оскільки в них відсутні вказівки і рекомендації за визначенням фактичних навантажень і дій, практично не вирішені питання технічної діагностики конструкцій в реальних умовах експлуатації, до сьогоднішнього дня не вирішено завдання кваліфікованої оцінки залишкового ресурсу конструкцій.

1.1 Методи оцінки надійності сталевих конструкцій та технічного стану експлуатованих промислових будівель

Великий вклад у вирішення проблеми оцінки технічного стану експлуатованих будівель і споруд наведені в роботах Стрілецького Н. С. [130 - 132], Мельникова Н. П. [75 - 77], Горохова Е. В. [25 - 30], Королева В. П. [64], Перельмутера А. В. [92 - 97], Пічугина С. Ф. [99 - 104], Кулябко В. В. [65 - 68].

Враховуючи, що найважливіше значення при аналізі залишкового ресурсу конструкцій мають дані про змінні (тимчасових) навантаження і дії, слід зазначити наявні в цьому напрямі дослідження Горохова Е. В. [5, 27], Кінаша Р. І. [56, 57], Кулябко В. В. [65, 159, 160], Пашинського В. А. [89, 90], Перельмутера А.В. [93, 94], Пічугина С. Ф. [99, 101 - 102], Hunaidi O. [154 - 157], Simiu E. [172 - 173], Peil U. [167 - 168]. Проте, велика частина вказаних робіт спрямована на аналіз і статистичну обробку цих метеорологічних спостережень без вивчення фактично діючих навантажень на цукеркові споруди в конкретних кліматичних, географічних і техногенних умовах, що значно відрізняються від нормативних значень і в той же час визначають особливості експлуатації об'єктів і їх напружено-деформованого стану.

Розвиток методів оцінки дійсного технічного стану експлуатованих споруд із застосуванням апарату технічної діагностики розвивається для конструкцій галузевого машинобудування починаючи з середини ХХ століття [15 – 17, 19, 33, 59, 60, 91, та ін.].

Одночасно з'являються роботи за оцінкою технічного стану експлуатованих будівельних конструкцій будівель і споруд, що використовують елементи технічної діагностики, які поступово повинні зайняти відповідне місце в процедурах оцінки дійсної роботи будівель і споруд.

При оцінці технічного стану важлива роль належить питанням розробки, уточнення і аналізу розрахункових схем споруд з урахуванням фактичних

умов роботи. Ці питання розглядалися в працях Беленя Е. І. [79], Ермака Е. І. [46], Кулябко В. В. [55, 65, 67, 159 - 161], Перельмутера А. В. [97], Сливкера В. І. [97], Стрілецького Н. С. [130 - 132] і інших.

За багаторічний період експлуатації промислових будівель накопичений значний практичний і науково-методичний досвід оцінки технічного стану будівель [81, 82, 85 - 87, 106, 107, 144, 145, 146 - 148, 149 -151 та ін.].

В той же час, на цьому етапі розвитку науки про оцінку технічного стану основна увага приділялася питанням обстеження, неруйнівного контролю і статистичної оцінки ушкоджень. У ряді робіт проводилися експериментальні дослідження дійсного стану конструкцій з урахуванням дефектів і ушкоджень.

Незамінним методом дослідження дійсної роботи металевих конструкцій є експериментальні роботи. У цьому напрямі відомі праці Горева В.В. [78], Горохова Е.В. [25 - 27, 153], Шапиро Г. А. [140], Maeda J. [163-164], Savory E. [171], Pedersen T.F. [152] і інших авторів.

Питання оцінки залишкового ресурсу конструкцій і споруд розвивалися, в основному, відносно посудин і інших об'єктів, для яких основним видом ушкоджень є тріщини і інші порушення суцільності матеріалу. У цьому напрямі відомі роботи В. В. Болотина [19, 20], Королева В. П. [64], Ochi M.K. [165, 166] і інших. При цьому накопичення ушкоджень при оцінці залишкового ресурсу фіксується в основному при лабораторних випробуваннях матеріалу (металу).

Дослідження питань ресурсу для експлуатованих металевих конструкцій будівель і споруд є значно складнішим, багатofакторним завданням, що пояснюється, в першу чергу, великою кількістю видів недосконалості [40]. Відомі роботи Чиркова В. П. [наприклад, 138, 139] для залізобетонних конструкцій.

Оцінка залишкового ресурсу будівельних конструкцій (металевих) досліджується останніми роками передусім за рахунок застосування статистичного методу, оскільки саме цей метод дає деяку можливість

оцінити відповідні показники без випробувань натурних зразків конструкцій з наявними дефектами і ушкодженнями [108 – 110, 121].

В той же час представляє безперечний інтерес розробка методик оцінки залишкового ресурсу за результатами технічної діагностики експлуатованих в реальних умовах конструкцій, для чого потрібно відповідне апаратно-програмне забезпечення.

1.2 Дослідження залишкового ресурсу сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах

Розвиток економіки і розширення виробництва в галузях народного господарства викликає необхідність оновлення і введення нових виробничих потужностей, що, у свою чергу, призводить до розширення виробництва і монтажу конструкцій будівель. Спади в економіці, зниження об'ємів фінансування нового виробництва і реконструкції діючого приводить, відповідно, до зниження обсягів виробництва і введення в експлуатацію нових будівель, а також скорочення програм реконструкції діючих будівель і споруд.

Важливе значення має також стан проблеми експлуатації будівель і споруд. На різних історичних відрізках часу увага до питань технічної експлуатації будівель мінлася в різні боки, що також привело до накопичення проблем.

Таким чином, історія створення і використання будівельних конструкцій, маючи хвилюватий характер підходів до технічної політики у виробництві, експлуатації і реконструкції, характеризується великою кількістю проблем, що накопичилися, з яких одна з найважливіших і найнебезпечніших, - проблема неконтрольованого технічного стану конструкцій. Такий стан призводить до великої кількості аварій будівельних конструкцій будівель і споруд.

Аварії будівельних об'єктів відбуваються з багатьох причин. Основна класифікація таких причин традиційно розділяє їх на помилки, допущені на різних етапах життєвого циклу об'єкту (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Етапи життєвого циклу будівель і споруд

Дослідження учених і фахівців показують, що значна кількість аварій, дефектів і ушкоджень доводиться на етап будівельно-монтажних робіт, що пов'язано з відсутністю операційного контролю в процесі монтажу конструкцій. Друге місце займають дефекти матеріалів і конструкцій, отримані в домонтажний період. Інші дослідження показують, що 31% усіх причин появи дефектів доводиться на виконання будівельно-монтажних робіт, при цьому в 77% випадків вони виникають в результаті порушення вимог нормативних документів на виконання будівельно-монтажних робіт. За даними [174] 80% усіх аварій за 1973-1993 роки сталися внаслідок помилок виготовлення (2%) і виконання будівельно-монтажних робіт (78%).

Узагальнений аналіз аварійних і передаварійних ситуацій світової практики дозволив встановити наступні головні їх причини: 27% - помилки проектування; 23% - помилки виготовлення; 30% - помилки в процесі

виконання будівельно-монтажних робіт; 14% - порушення умов технічної експлуатації будівель і споруд; 6% - недосконалість норм проектування.

Якнайповніша статистична інформація про аварії накопичена в Німеччині [169], де були проаналізовані результати 564 випадків відмов на об'єктах різного призначення. Враховуючи, що велика частина чинників, що викликають відмови споруд, близька для умов України і Німеччини, то багато даних [169] можна з певним наближенням розглядати як уроки аварій і для України. Найбільшим інтересом є інформація про аварії і руйнування конструкцій по числу років експлуатації (рис. 1.2).

З рисунка видно, що на початковий термін експлуатації (до 10 років) доводиться відносно невелика кількість аварій, в якій, у тому числі, враховані і аварії періоду будівництва і початкового "прироблення" споруд.

Результати досліджень по середній кількості аварій по матеріалах приведені в таблицю. 1.1.

Таблиця 1.1 - Статистичні дані про аварії будівель і споруд

Будівлі і споруди	Середня кількість аварій в рік	Аварій	
		% від загальної кількості	частота, год ⁻¹
Одноповерхові виробничі будівлі з металевим каркасом	18	32	$7 \cdot 10^{-4}$
Те ж, із залізобетонним каркасом	10	18	$8 \cdot 10^{-5}$
Багатоповерхові будівлі	11	20	$3 \cdot 10^{-4}$
Споруди в цілому	16	30	$2 \cdot 10^{-4}$
У тому числі:			
сталеві резервуари	4	7	-
галереї	2	4	-
естакади	1	2	-
бункери і силоси	2	4	-
інші	7	13	-
ВСЬОГО:	55	100	$5 \cdot 10^{-5}$

Статистика аварійних відмов стоїть на чолі кута досліджень надійності будівельних об'єктів. Проте, помітна досить різка розбіжність даних такої статистики з основними теоретичними розробками з питань надійності. Найбільш розробленим в теорії є напрям, який розвиває уявлення про надійність, як про функцію коефіцієнта запасу міцності; при цьому самі поняття "Коефіцієнт запасу" і "міцність" пояснюються в досить узагальненому значенні.

В Україні останніми роками намітилося лавиноподібне зростання кількості аварій і руйнувань будівельних конструкцій об'єктів різного призначення. Ця тенденція характерна для більшості регіонів України, про що свідчать рішення Першої Всеукраїнської науково-технічної конференції "Аварії будівель і споруд і заходу по їх запобіганню", яка відбулася в 1997 р.

Аварійність покриттів виробничих будівель різних областей промисловості досліджувалася по матеріалах актів і звітів розслідування причин аварій і по звітах про спеціально виконані післяаварійні обстеження на 151 об'єкті. Дані приведені в таблицю. 1.2.

Таблиця 1.2 - Аварійність покриттів виробничих будівель різних областей промисловості

Галузі промисловості	Кількість об'єктів	Всього ферм	З них:	
			обрушилось	не обрушилось
Чорна металургія	47	661	281	380
Машинобудування	29	236	228	8
Промисловість будматеріалів	28	298	193	105
Кольорова металургія	11	74	74	-
Легка і хімічна промисловість	7	479	479	-
Енергетика	5	36	36	7
Інші	24	40	27	13
Всього	151	1824	1318	513

На цих об'єктах 1318 ферм обрушилося, 513 були тимчасово (до ухвалення рішення про можливість їх подальшого використання) виведені з експлуатації.

Проте, при детальнішому аналізі з'ясовується, що в числі причин відмов конструкцій, окрім випадку перевищення випадковим навантаженням випадкового значення несучої здатності (тобто недостатність коефіцієнта запасу), є присутніми і багато інших (невизначеність роботи конструкції, помилки при проектуванні, виготовленні і монтажі, порушення правил експлуатації і тому подібне). У цих умовах вибирати в якості заходів по підвищенню надійності тільки збільшення коефіцієнта запасу безрозсудне і варто мати на увазі також альтернативні способи збільшення надійності. До них відносяться: удосконалення схем конструкцій, розробка ремонтпридатних рішень, організація спостережень за станом конструкцій, удосконалення служби експлуатації і багато інших підходів, спрямованих на підвищення пристосовування конструкції з випадковими властивостями до невизначених умов її роботи.

Таким чином, до числа тих, що розглядаються повинні увійти не лише технічні проблеми, але і проблеми взаємодії людини (проектувальника, будівельника, експлуатаційника) і споруди упродовж усього життєвого циклу об'єкту. Такі заходи можуть бути об'єднані в комплекс робіт по експлуатаційному менеджменту.

Підтвердженням цього можуть служити причини аварій сталевих конструкцій. Дані про них зберігаються в різних літературних джерелах. Вони торкаються як будівель і споруджень загального призначення, так і спеціальних об'єктів (рис. 1.2).

З цього малюнка видно, що до причин, з якими пов'язані класичні напрями дослідження надійності, у кращому разі можна віднести не більше 30% випадків, пов'язаних з розділом "Недоробка норм проектування" і "Невдале проектне рішення". При цьому близько 90% причин аварій пов'язані з помилками при виготовленні і монтажі, помилками при

проектуванні і порушеннями правил і норм експлуатації будівель і споруд. В той же час, в звітах про оцінку технічного стану експлуатованих конструкцій переважають такі дефекти, як значний корозійний знос або uszkodження елементів, які сталися в результаті наїзду транспортних засобів або неписьменною строповкою вантажів. Усі ці uszkodження також майже не пов'язані з величиною коефіцієнта запасу.

При розгляді статистики причин аварій варто мати на увазі перекіс оцінок у бік завищення причини "Невдале проектне рішення, помилки проекту". Це пов'язано з тим, що на відміну від інших учасників будівельного процесу проектувальники знаходяться в невідному становищі, особливо в тих випадках, коли причина аварії не очевидна і її відразу не вдалося встановити. Конкретний дефект виготовлення або монтажу конструкції, яка обрушилася (наприклад, дефектний зварний шов або відсутність необхідної кількості болтів), важко відшукати в купі спотвореного металу. В той же час проект, по якому було зведено споруду, може бути детальний і усебічно проаналізований і наявність навіть незначних помилок, які привели до аварії, завжди буде виявлено кваліфікованою експертизою і відмічено в акті розслідування.

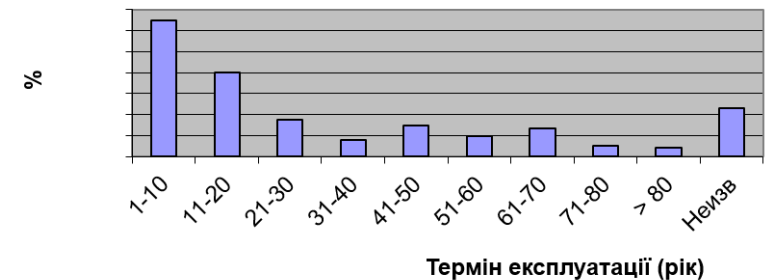


Рисунок 1.2 - Кількість аварій будівель і споруд залежно від числа років експлуатації

Відповідно до цієї статистики велика частина аварій сталася на об'єктах, які знаходяться у стадії експлуатації. Аналіз показав, що до цього призводять несвоєчасне обстеження і оцінка технічного стану будівель і споруд і усунення виявлених дефектів.

Сьогодні Україна стикається з проблемою масового розорення конструкцій. Основні фонди, введені в експлуатацію в 1950-1970-і роки, сьогодні по своєму стану можуть створювати надзвичайні небезпечні ситуації. Проведені дослідження по двадцяти відомствах в двадцяти п'яти областях України показали [142], що майже 70% об'єктів, зведених 10-15 років тому, також вимагають ретельного обстеження і підсилення.

Значна кількість конструкцій, що експлуатуються, знаходиться в стані повного вичерпання ресурсу, внаслідок чого можна чекати збільшення кількості аварій в найближчому майбутньому.

1.3 Технічний стан та надійність сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах

Вплив процесів старіння і зносу на можливість аварійного руйнування будівельних конструкцій є однією з головних міжгалузевих проблем безпеки, оскільки виробничі будівлі і споруди є місцем тривалого перебування великої кількості людей, життя і здоров'я яких наражаються на небезпеку. З іншого боку, справність таких будівель сприяє стабільності виробництва у більшості областей народного господарства. На жаль, цій проблемі не приділяється належної уваги, хоча питання старіння основних фондів добре відоме фахівцям. Треба усвідомлювати те, що старіння активних виробничих фондів приводить, в основному, до зниження продуктивності праці (іноді до підвищення травматизму), а старіння пасивних виробничих фондів, до яких відносяться будівлі і споруди, може привести до раптових руйнувань і поставити під загрозу життя і здоров'я виробничого персоналу і жителів довколишніх районів.

Аналіз технічного стану будівель і споруд, побудованих не лише в 50-70 роки, але і в останні 10-20 років, свідчить про те, що в їх змісті немає належного порядку, відповідної системи, яка забезпечувала б кваліфіковану експлуатацію, технічну діагностику їх стану, своєчасний ремонт, реновацію і попереджала б аварії, забезпечуючи таким чином збереження народного надбання і запобігаючи небажаним порушенням екологічного стану довкілля.

У Україні накопичений значний фонд будівельних металевих конструкцій. Тільки у основних областях промисловості експлуатується близько 36 мільйонів тонн несучих металевих конструкцій. Вони сконцентровані, передусім, на об'єктах базових областей : чорної і кольорової металургії, машинобудування, енергетичної, вугледобувної, нафтогазової промисловості і ін.

Галузева структура фонду сталевих конструкцій, які експлуатуються, приведена в таблицю. 1.3 і на рис. 1.4 [121].

Таблиця 1.3 - Галузева структура фонду сталевих конструкцій

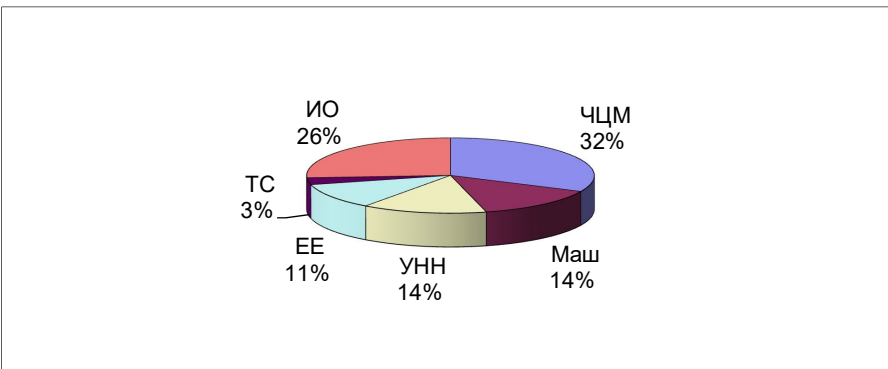
№ п/п	Найменування галузі	Маса сталевих конструкцій у будівлях і спорудах, %
1.	Чорна і кольорова металургія	32
2.	Машинобудування	14
3.	Вугільна, нафтова і нафтохімічна промисловість	14
4.	Електроенергетика	11
5.	Транспорт і зв'язок	3
6.	Інші галузі народного господарства	26

Основу фонду металевих конструкцій України складають конструкції промислових будівель. Загальна маса цих конструкцій більше 12,2 млн. тонн, що відповідає 35% загальної маси металевих конструкцій, які експлуатуються сьогодні. Сучасний потенціал заводів металоконструкцій

України дозволяє щорічно виробляти до 500 тис. тонн металоконструкцій різного призначення.

Проте, економічні умови, що сформувалися, в Україні істотним чином відбиваються на стані галузі. Якщо в 1990 р. було вироблено 376,6 тис. тонн будівельних сталевих конструкцій, то вже в 1995 р. - тільки 85,7 тис. тонн, а в 1999 р. - всього 21,5 тис. тонн.

За останні роки відзначається лавинне зростання кількості аварій, у тому числі і техногенного характеру. З 1991 року і до теперішнього часу на підприємствах гірничодобувних, металургійної, машинобудівної і інших областей промисловості мали місце тисячі аварій, немало з яких супроводжувалося людськими жертвами. Значна частина цих аварій була обумовлена старінням несучих будівельних конструкцій.



(ЧЦМ- чорна і кольорова металургія; Маш - машинобудування; УНН - вугільна, нафтова і нафтохімічна промисловість; ЕЕ - електроенергетика; ТС- транспорт і зв'язок; ІО - інші галузі)

Рисунок 1.4 - Галузева структура фонду сталевих конструкцій

Вивчення питання оцінки технічного стану експлуатованих конструкцій промислових будівель показало, що на сьогодні накопичений достатній теоретичний і практичний матеріал, включаючи нормативне забезпечення, що дозволяє виконувати роботи за оцінкою технічного стану експлуатованих конструкцій будівель і споруд.

1.4 Діагностика технічного стану будівельних конструкцій

Діагностика технічного стану будівель (споруд) здійснюється шляхом поєднання взаємоузгоджувальних і взаємодоповнювальних обстежувальних, розрахункових та аналітичних процедур, перелік та повнота яких у кожному конкретному випадку уточнюється спеціалізованою організацією, що проводить обстеження.

При розробці програми візуальних та інструментальних обстежень встановлюється такий обсяг і порядок обстежувальних процедур, при якому за мінімального обсягу обстежувальної роботи (особливо інструментальних обстежень та лабораторних визначень) можна отримати максимально повну інформацію про несправності, дефекти та пошкодження конструкції. При візуальному огляді слід керуватися тим правилом, що найбільш імовірні ділянки пошкоджень конструкцій у виробничих будівлях (спорудах) спостерігаються:

- для основ - у зонах складування важких вантажів; біля дуже навантажених колон, стін, фундаментів, опор; у місцях зволжених ґрунтів; у місцях можливих вібраційних чи ударних навантажень;
- для фундаментів - у зонах зволжених ґрунтів особливо агресивними рідинами; у зонах дії вібрацій, ударних навантажень, привантажень; при спорудженні важких прибудов; при влаштуванні близько розташованих котлованів; при непоряджених водовідливів та водозниженні;
- для колон - у найбільш напружених зонах стику з фундаментом, біля консолей, у стиках збірних колон по висоті, поблизу підлоги, де можливе попадання агресивної рідини або механічне пошкодження транспортом та вантажо-розвантажувальними засобами, у вузлах стикування з ригелями перекриттів та покриттів;

- для ригелів та плит перекриттів - у зоні дії максимальних згинальних моментів, поперечних сил, передачі зосереджених зусиль, дії вібраційних та ударних навантажень, агресивних рідин, газів, пилу, в місцях стикування; для покриттів - у місцях підвищеного зволоження та пошкоджень з боку приміщень та накопичень технологічного пилу, на ділянках з підвищеною щільністю або насиченого вологою утеплювача;

- для стін - у місцях підвищеного зволоження з заморожуванням та відтаванням, у стиках панельних стін, у приляганнях до підлоги та перекриття. До найбільш характерних дефектів та пошкоджень конструкцій, які належить виявити при візуальному огляді, належать: дефекти, які пов'язані з недоліками проекту (невідповідність розрахункової схеми дійсним умовам, відхилення від норм проектування); дефекти виготовлення конструкцій, які допущені на заводах-виготовлювачах; дефекти монтажу конструкцій та зведення будівель (споруд); механічні пошкодження від порушення умов експлуатації; пошкодження від непередбачених проектом статичних, динамічних, температурних впливів; пошкодження від зовнішніх агресивних впливів робочого та навколишнього середовища.

Для повної діагностики технічного стану будівель (споруд) доцільно паралельно з натурними обстеженнями та лабораторними визначеннями планувати та здійснювати також такі діагностичні процедури:

- аналіз та виявлення змін основних проектних та розрахункових передумов (для будівель (споруд) у цілому та їх окремих частин і конструкцій), які виникли за період експлуатації;

- аналіз дефектів та пошкоджень, змін характеристик матеріалів, ґрунтів та основ;

- коригування розрахункових моделей елементів, конструкцій, основ у зв'язку з наявністю дефектів та пошкоджень, зміни характеристики матеріалів та ґрунтів; перевірні розрахунки елементів, конструкцій, основ за

скоригованими розрахунковими моделями та з урахуванням змін, які виникли в проектних та розрахункових передумовах за час експлуатації;

- оцінка технічного стану елементів, конструкцій, основ відповідно до розроблених критеріїв; оцінка технічного стану будівлі (споруди) у цілому в залежності від технічного стану його елементів, конструкцій, основ.

Аналіз та виявлення змін основних проектних та розрахункових передумов, які виникли за період експлуатації, належить виконувати шляхом порівняння таких проектних (нормованих) та фактичних (на момент обстеження та паспортизації) показників та їх параметрів: функціонального призначення будівлі (споруди); рівня відповідальності будівлі (споруди) за економічними, соціальними та екологічними наслідками їх відмови або класом капітальності за нормами проектування гідротехнічних споруд, а також за відповідними до рівнів відповідальності та класів капітальності коефіцієнтами надійності U_n ; нормативних та розрахункових значень навантажень та впливів (у тому числі: власна вага, атмосферні, гідросферні, технологічні, сейсмологічні навантаження та ін.); особливостей та параметрів розрахункових ситуацій; ступеня агресивності природного та виробничого середовищ; інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов.

Нормативні значення навантажень треба визначити: для навантажень від власної ваги - за обмірами геометричних розмірів конструкцій, за контрольним визначенням середньої щільності матеріалів (при цьому помилки визначень не повинні перевищувати +/- 5%); для атмосферних та гідросферних навантажень та впливів - за даними найближчих до об'єкта станцій Держкомгідромету; для технологічних статичних та динамічних навантажень - за паспортними даними обладнання, що експлуатується; для сейсмічних впливів та на підроблюваних територіях - відповідно до вимог нормативних документів, що діють на час проведення обстежень.

При перевірних розрахунках слід враховувати ті розрахункові ситуації, які можуть реально мати місце в залишковий строк служби конструкції. При цьому в кожній розрахунковій ситуації потрібно уточнювати: розрахункові схеми конструкцій та основ; види навантажень; значення коефіцієнтів умов праці, коефіцієнтів поєднання навантажень та коефіцієнтів надійності; перелік граничних станів, які слід розглядати у даній розрахунковій ситуації.

Зміни інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов майданчика будівлі (споруди) слід визначати згідно з вимогами [88].

Аналіз дефектів і пошкоджень та їх вплив на несучу здатність та довговічність конструкцій та основ рекомендується виконувати з урахуванням особливостей різних типів конструкцій. При цьому рекомендується використовувати такі групи дефектів та пошкоджень:

- дефекти: нормування, проектування, будівництва, недоробки.
- пошкодження: механічні руйнування, механічний знос, корозійний знос (атмосферна корозія, хімічна корозія), деформації та переміщення (прогини, кутові деформації, осідання, крени).

Фізико-механічні характеристики несучих та огорожувальних конструкцій будівель (споруд) слід визначати: за допомогою стандартних неруйнівних методів (ультразвукових, пластичних деформацій та ін.); шляхом вилучення зразків матеріалів для виконання стандартних лабораторних випробувань. Кількість визначень характеристик міцності матеріалів рекомендується призначати з урахуванням стану конструкцій. При цьому забезпеченість нормативних значень характеристик міцності матеріалів повинна бути не менше 0,95. При проведенні контролю якості матеріалів потрібно керуватися вимогами та вказівками чинних державних стандартів. Вилучення зразків матеріалів слід виконувати тільки з другорядних та ненапружених частин елементів будівлі (споруди). Місця в

конструкціях, з яких вилучені зразки, повинні бути надійно полагоджені, а при потребі - підсилені.

Відхилення просторового положення несучих та огорожувальних конструкцій та їх розрахункових розмірів слід визначати методами, що викладені в [113]. Стан опорних вузлів та з'єднань визначають шляхом вимірювань, візуальних оглядів або експертних оцінок. Ступінь зносу перерізів несучих та огорожувальних конструкцій будівлі (споруди) слід визначати шляхом безпосередніх вимірювань площі поперечних перерізів основних елементів несучих та огорожувальних конструкцій у найбільш дефектних або пошкоджених, а також найбільш напружених місцях. При цьому шари матеріалів, які уражені корозією, до уваги не беруться.

Перевірочні розрахунки елементів конструкцій, основ слід виконувати відповідно до норм проектування, що діють на момент виконання обстежень. Для перевірних розрахунків належить використовувати: скориговані за результатами аналізу показники та параметри уточнені за результатами обстежень проектні та розрахункові передумови, яких слід дотримуватись при розробці програми візуальних та експериментальних обстежень. Використання при перевірних розрахунках норм проектування, за якими проектувались будівлі (споруди), але на час обстежень були відмінені, допускається тільки за наявності письмової згоди організації, яка розробила нові норми.

Шляхом спільного аналізу дефектів та пошкоджень, а також результатів перевірних розрахунків визначається технічний стан окремих конструкцій. За несучою здатністю та експлуатаційними властивостями конструкції рекомендується відносити до одного з таких станів: стан конструкцій I - нормальний. Фактичні зусилля в елементах та перерізах не перевищують допустимих за розрахунком. Відсутні дефекти та пошкодження, які перешкоджають нормальній експлуатації або знижують несучу здатність або

довговічність; стан конструкції II - задовільний. За несучою здатністю та умовами експлуатації відповідають стану I. Мають місце дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції. Потрібні заходи щодо захисту конструкції; стан конструкції III - не придатний для експлуатації. Конструкція перевантажена або мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження її несучої здатності. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу пошкоджень можливо забезпечити її цілісність на час підсилення; стан конструкції IV - аварійний. Те саме, що і за станом конструкції III. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу дефектів і пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкції на період підсилення, особливо якщо можливий "крихкий" характер руйнування. Необхідно вивести людей із зони можливого обвалення, виконати негайне розвантаження, вжити інших заходів безпеки.

Будівлі (споруди) у цілому рекомендується захищувати до одного із таких станів у залежності від стану несучих та огорожувальних конструкцій: стан будівлі (споруди) I - нормальний. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій II (задовільний), III (не придатний для нормальної експлуатації) та IV (аварійний); стан будівлі (споруди) II - задовільний. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій III (не придатний для нормальної експлуатації) та IV (аварійний); стан будівлі (споруди) III - не придатний до нормальної експлуатації. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій IV (аварійний); стан будівлі (споруди) IV - аварійний. У будівлі (споруді) є несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій IV (аварійний). При відповідному обґрунтуванні можливе проведення обстежень та оцінка

технічного стану окремих частин будівлі (споруди), які можуть бути виділені за функціональними і конструктивними ознаками.

Обстеження пошкоджених будівель на просідаючих ґрунтах рекомендується робити поетапно: попереднім оглядом і детальним обстеженням.

Огляд об'єкту повинен включати:

- огляд вузлів і будівельних конструкцій, технологічного устаткування, отмонок, комунікацій, суміжних будов, прилеглої території; ознайомлення з проектною і виконавчою документацією, актами попередніх оглядів і тому подібне;

- геодезичні спостереження за розвитком просідаючих деформацій і зйомку фактичного положення будівлі і території;

- інженерно-геологічні і гідрогеологічні дослідження на аварійній ділянці для визначення вологості ґрунтів і положення рівня ґрунтових вод. На основі аналізу матеріалів огляду рекомендується оцінювати експлуатаційну придатність і міру аварійності (можливість обвалення) об'єкту, включаючи: причини або джерело замочування, міру просідання основи і деформацій земної поверхні;

- інтенсивність деформаційних дій на будівлю від нерівномірних просадок основи;

- значення внутрішніх зусиль; відповідність спільних деформацій будівлі гранична таким, що допускається. За результатами огляду слід здійснювати посилення аварійних або передаварійних конструкцій за спеціальним проектом.

Обстеження об'єкту рекомендується робити після усунення його аварійності (якщо це необхідно). Воно повинне включати: інженерно-геологічні дослідження, прогноз гідрогеологічних умов і просідаючих деформацій, тривалі геодезичні спостереження за осіданнями конструкцій,

детальне натурне обстеження підземних і наземних конструкцій, дослідження умов експлуатації. Методика комплексного обстеження деформованих будівель на просідаючих ґрунтах, що включає порядок виробництва і склад робіт по огляду і обстеженню деформованого об'єкту, За допомогою геодезичних вимірів рекомендується визначати осідання, горизонтальні зміщення конструкцій будівлі і просідаючої прилеглої до будівлі території. За результатами зйомок рекомендується викреслити графіки розвитку просідання, профілі осідань по рядах і осях будівлі, плани з нанесенням ізоліній, плани будівлі з фактичним розташуванням конструкцій по горизонталі (для багатоповерхових будівель - для кожного поверху), розрізи будівлі з нанесенням відхилень конструкцій від вертикалі. Рекомендується також обчислювати відносні деформації будівлі (нерівномірність осідань, прогин або вигин, крен, кут закручування), середнє осідання, нахили і кривизну поверхні ґрунту, визначати контури воронки просадчика і її параметри.

Дані про фактичну марку бетону конструкцій рекомендується отримувати неруйнівними випробуваннями. Міцність бетону оцінюють за середніми показниками на основі статистичної обробки результатів випробувань. Механічне випробування матеріалів рекомендується здійснювати в тому положенні, в якому вони працюють в конструкції. Розрахункові опори бетону для виконання перевірочних розрахунків залізобетонних конструкцій слід обчислювати шляхом ділення отриманих значенні на коефіцієнт надійності по бетону при стискуванні і розтягуванні.

Ушкодження конструкцій і вузлів деформованих будівель необхідно ретельно обміряти і наносити на схеми, потім класифікувати по кожному виду конструкцій і вузлів з вказівкою їх розмірів. Ці обстеження рекомендується використати при розрахунку деформованої будівлі, оцінці

його експлуатаційної придатності і призначенні об'єму і складу захисних заходів по забезпеченню його надійності.

При огляді і обстеженні будівель, в першу чергу, рекомендується визначати характер замочування ґрунтів і розташування джерела замочування. Якщо джерело локальне, слід вжити заходи для негайного усунення аварійних витоків води. Слід враховувати, що найбільш небезпечно інтенсивне замочування при аваріях несучих внутрішніх і зовнішніх трубопроводів. В цьому випадку просідання відбуваються з високими швидкостями і великою нерівномірністю осідань сусідніх фундаментів, іноді носять провальний характер і проявляються у формі просідаючої воронки. Можливе виникнення на одному об'єкті двох і більше вогнищ замочування одночасно або з деяким зміщенням в часі. При прокладенні усіх водонесучих комунікацій, без каналів і за відсутності контролю за витокami найбільша кількість випадків замочування обумовлена порушенням розтрубних стиків каналізаційних труб і руйнуванням керамічних труб. Часті також витoki з теплотраси, незважаючи на те що ці труби частіше прокладені в каналах. При замочуванні просідаючих ґрунтів гарячою водою, просідання відбуваються інтенсивніше, ніж при витокax холодної води. При витокax з напірних водоводів (водопровід, теплотраса), вода переважно витікає на поверхню ґрунту. Це рекомендується використати в якості ознаки для виявлення джерела замочування. При витокax з безнапірних комунікації (каналізації) вода не потрапляє на поверхню ґрунту, тому утечки можуть бути виявлені тільки після прояву просідання і відповідно обводнення великих зон. Слід враховувати, що джерело замочування розташовується, як правило, під центром воронки просідання. Значний вплив на поширення води в ґрунті роблять слабоущільнені зворотні засипки, фільтраційна здатність яких набагато більша, ніж ґрунту природного складання. В окремих випадках вода по зворотних засипках в траншеях і пазухах фундаментів може

поширюватися на відстань більше 100 м. Рекомендується враховувати, що за наявності під будівлею екранів з ущільненого ґрунту (ґрунтові подушки, ущільнення ґрунтів основи під фундаментами важкими трамбівками) аварійні витоки з внутрішніх безканалних трубопроводів призводять до поширення води за межі екрану і формування просідаючої воронки без прямого зв'язку з джерелом замочування. При підйомі рівня ґрунтових вод (РГВ) просідання ґрунтів відбуваються з невисокими швидкостями, меншою нерівномірністю, але проявляються на великих площах. Деформація земної поверхні при будь-яких випадках замочування ґрунтів характеризується вертикальними переміщеннями ґрунту, а при значній нерівномірності деформації - горизонтальними зміщеннями, нахилом і кривизною поверхні. Спостереження за розвитком просідаючих деформацій, деформацією воронки просадчика, визначення контурів і параметрів деформованої поверхні ґрунту слід робити за допомогою геодезичних вимірів; значення просідаючої деформованої поверхні землі визначають за допомогою нівеляції території (далі - "територія") відносно стаціонарного репера, що оточує будівлю. Допускається використання як репер найбільш високої (що не просіла) точки території або будівлі, що визначають при нівеляції. Зйомку території рекомендується виконувати по сітці 5x5 м, при значних площах деформації і радіусах воронки просадчика 10x10 м, крім того, по характерних точках - люках колодязів і камер інженерних комунікацій, перетинах бордюрів, ганку, приямкам. За початкове положення поверхні землі, характерних точок приймаються виконавча зйомка, виконана при здачі об'єкту в експлуатацію (далі - "виконавська документація"), або проектні відмітки. За результатами нівеляції слід визначати просідання по ізолініях рівних, що просіли - межі, контур і центр воронки просадчиків; рекомендується викреслювати профілі просідання території з прив'язкою будівлі по лініях нівеляції в місцях, що найбільш просіли, а за наявності воронки просадчиків - по лініях їх головних

перерізів. Для прогнозу розвитку подальших деформацій, при повторних замочуваннях в місцях максимальних просідань, необхідно виконувати інженерно-геологічні дослідження. Отримані дані рекомендується використати для аналізу деформованого стану і перевірконого розрахунку будівлі на фактичні або прогнозовані деформаційні дії від просідання ґрунтів основи.

Паспортизації підлягають будівлі (споруди) всіх підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності. Результатом паспортизації буде створення єдиної системи обліку та моніторингового контролю за станом об'єктів з метою своєчасного виявлення передаварійних та аварійних ситуацій, а також припинення експлуатації аварійно небезпечних будівель (споруд).

Форму Паспорта технічного стану будівлі (споруди) заповнює її власник (керівник організації) на основі даних повного обстеження та визначення технічного стану будівлі (споруди) за участю представника спеціалізованої організації, що проводила обстеження.

Паспорт є документом, що засвідчує технічний стан будівлі (споруди) та використовується для підтвердження факту експлуатаційної придатності (непридатності) об'єкта.

Обстеження і паспортизація будівель з 1 січня 2015 року Статтею 39-2 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 р. № 3038 — VI (далі — Закон про містобудівну діяльність) встановлені загальні основи огляду, обстеження і паспортизації об'єктів будівництва.

У виконання цієї статті Мінрегіоном розроблений проект постанови КМУ «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва» (проект розміщений на офіційному сайті Мінрегіона (www.minregion.gov.ua) в рубриці «Регуляторна політика» в розділі «Проекти регуляторних актів для обговорення і аналізу регуляторного впливу»).

На цей час постанова КМУ «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд і інженерних мереж» від 05.05.97 р. № 409 є чинним нормативно-правовим актом і діє в частині, що не суперечить вимогам Закону про містобудівну діяльність (ст. 39-2) і іншим нормативно-правовим актам.

Спільний наказ Мінрегіона і Міненерговугілля «Про визнання що втратил силу наказ Державного комітету будівництва, архітектури і житлової політики України і Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 27 листопада 1997 року № 32/288» від 14.07.2014 р. № 193/507, зареєстрований в Мінюсті України 28.07.2014 р. № 867/25644, розроблений у виконання рішення Держпідприємництва «Про необхідність усунення Міністерством регіонального розвитку, будівництва і житлово-комунального господарства України і Державною службою гірського нагляду і промисловою безпекою України про порушення принципів державної регуляторної політики згідно з вимогами закону України».

Відповідно до ст. 17 Закону України «Про архітектурну діяльність» від 20.05.99 р. № 687 - XIVі постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання професійної атестації відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури» від 23.05.2011 року № 554 встановлена обов'язковість атестації відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури, а саме: архітекторів, інженерів-проектувальників, інженерів технічного нагляду і експертів.

Роботи по обстеженню будівель, споруд і інженерних мереж виконуються організаціями, що мають у своєму складі відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури, які пройшли професійну атестацію і мають кваліфікаційний сертифікат Атестаційної архітектурно-будівельної комісії Мінрегіона з напрямом «експерт по технічному обстеженню будівель і споруд».

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В АГРЕСИВНИХ УМОВАХ

2.1. Дослідження недосконалостей у сталевих конструкціях промислових будівель, що експлуатують в агресивних умовах

Забезпечення надійної роботи споруди впродовж заданого терміну експлуатації є надзвичайно складним і багатоплановим завданням. Таке положення пояснюється тим, що будівельні споруди, по-перше, є багатокомпонентною системою із складною внутрішньою структурою, і, по-друге, зовнішні дії на споруди і окремі його конструкції відрізняються значною різноманітністю як за характером додавання навантаження, так і за тимчасовими характеристиками. Якщо, наприклад, посудини для зберігання рідин схильні до дії, в основному, одного виду змінних в часі навантажень - тиску рідини, та будівля випробовує одночасну дію цілого ряду змінних, у тому числі динамічних, навантажень (кліматичних і технологічних).

Надійність конструкції, як відомо, закладається на стадії проектування конструкцій, а забезпечується на стадіях виготовлення, транспортування, збирання, монтажу і експлуатації.

Такий, досить довгий процес доексплуатаційних стадій життєвого циклу призводить до того, що на початок основного етапу - експлуатації - конструкції вже мають певний рівень накопичених ушкоджень, що, у свою чергу, робить вплив на залишковий ресурс споруди.

Важливим чинником впливу на ресурс конструкції є також значне розходження дійсних навантажень і дій в процесі експлуатації споруди і їх відмінність від характеристичних значень. Неможливість врахувати такі відхилення при проектуванні споруди в ряду випадку призводять до аварійних ситуацій.

У таких умовах розробляти обґрунтовані прогностичні моделі оцінки ресурсу експлуатованих конструкцій на тривалий період часу практично не представляється можливим.

Проте важливим і необхідним слід рахувати якісну оцінку залишкового ресурсу для ухвалення рішень про можливість, тривалість і вартість експлуатації споруди на деякий майбутній період часу. Важливим результатом такої оцінки є також призначення комплексу робіт, що йде за поточним, за оцінкою технічного стану об'єкту. Такий підхід відповідає діючому нині порядку [34], проте обґрунтована методика призначення подальших оцінок технічного стану після першого обстеження відсутня.

Таким чином виходить, що оцінка і обґрунтування залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій вимагає знання не лише розрахункових параметрів їх напружено-деформованого стану, але і врахування зовнішніх чинників і реакції на них споруди, що можливо тільки на основі експериментального визначення характеристик об'єкту. В умовах експлуатації реалізація такого підходу можлива при застосуванні апаратно-програмних засобів технічної діагностики, що дозволяють зафіксувати, накопити, обробити і оцінити дані як про дію на конструкції і споруди, так і про реакцію конструкцій і споруд в цілому на ці дії.

Ресурс конструкції, схильної до дії змінних в часі навантажень, визначається числом циклів вантаження, при якому конструкція перестає задовольняти вимогам граничних станів.

Визначення числа циклів вантаження, в першу чергу, залежить від виду обурюючої дії (технологічне, кліматичне, сейсмічне і тому подібне).

Оскільки основними видами обурюючої дії в умовах України слід рахувати кліматичну вітрову дію і технологічні дії, то обчислення числа циклів вантаження і, отже, оцінку залишкового ресурсу конструкції, можна здійснювати експериментально, на основі розробленої системи технічної діагностики. Найпростіше визначити експериментально статистичні параметри числа циклів при дії технологічного навантаження (наприклад, від

мостових кранів).

Відомо, що спектр зовнішньої дії умовно можна розділити на квазістатичну і резонансну частини. При розрахунку конструкцій на втому, в основному, враховується тільки резонансна частина. Зазвичай розрахунок конструкцій виконують з урахуванням першої частоти коливань [6]. Це частенько пов'язано з відсутністю реальної інформації про межі вказаних частин спектру. В той же час метод оцінки меж квазістатичної і резонансної частин відомий. Він заснований на обчисленні функції спектральної когерентності (ФСК) [14]:

$$\gamma_{v\sigma}^2(f) = \frac{|G_{v\sigma}(f)|^2}{G_{vv}(f) \cdot G_{\sigma\sigma}(f)} \quad (2.1)$$

Де $\gamma_{v\sigma}^2(f)$ - ФСК, $G_{v\sigma}(f)$ - односторонній взаємний спектр дії і параметра реакції споруди, $G_{vv}(f)$ - односторонній спектр дії, $G_{\sigma\sigma}(f)$ - односторонній спектр параметра реакції.

Велетенські об'єми металоконструкцій, що знаходяться у стадії експлуатації і значна різноманітність конструктивних форм, відмінність, в нормах проектування вимагають від дослідників широкого наукового узагальнення результатів вивчення поведінки конструкцій, будівель і споруд на усіх етапах життя.

Такі наукові узагальнення можливі тільки на основі використання трьох форм: вивчення поведінки конструкцій, будівель і споруд в процесі теоретичних досліджень, експериментальної перевірки роботи конструкцій і аналізу їх експлуатаційного стану (рис.2.1).

Метою теоретичних досліджень є розробка методів і методик розрахунку і проектування конструкцій будівель на основі різних, постійно таких, що міняються і поглиблюються уявлень про основні закони роботи матеріалу, перерізу, елемента, з'єднання, конструкції, будівлі.

Експериментальні дослідження значно доповнюють і розширюють наші знання про роботу елементів, з'єднань, конструкцій, будівель і споруд в цілому, отримані теоретичним шляхом на основі різних представлень.

Особливо важливе значення в цих дослідженнях має з'ясування дійсної роботи сталевих конструкцій під час експлуатації. Постійне спостереження (моніторинг) за роботою конструкцій і споруд в цілому, що знаходяться в різних експлуатаційних умовах, дає можливість оцінити дійсну поведінку конструкцій в реальних умовах і порівняти ці дані з результатами теоретичних і експериментальних досліджень.

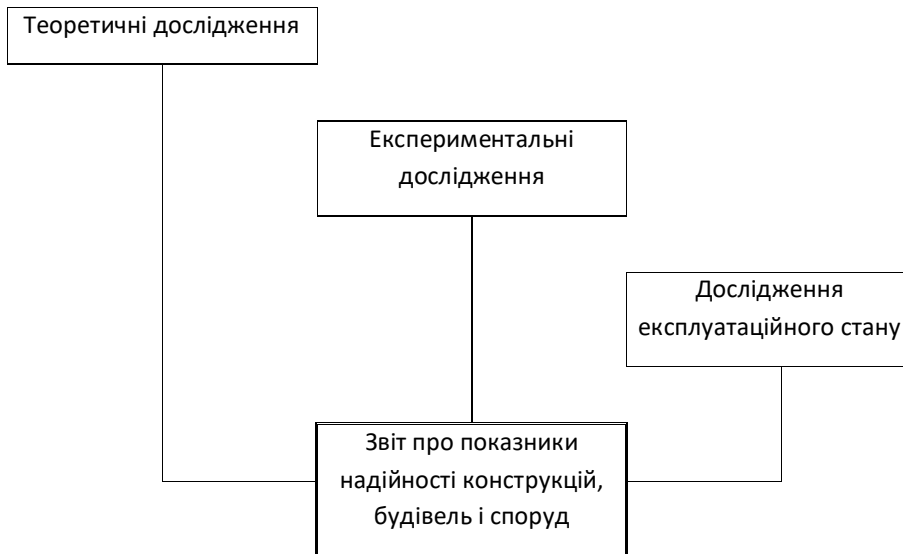


Рисунок 2.1 - Форми досліджень поведінки конструкцій, будівель і споруд

Таким чином, підвищення надійності будівельних металоконструкцій будівель і споруд на сучасному етапі їх розвитку можливо тільки на основі повної ув'язки результатів досліджень на усіх трьох перелічених вище етапах.

Дослідження експлуатаційного стану можна здійснювати двома методами - статистичним і діагностичним.

Статистичний метод полягає в накопиченні статистичного матеріалу про поведінку конструкцій в процесі етапів життєвого циклу, включаючи параметри і характеристики дефектів і ушкоджень, деградації матеріалу, даних про зовнішні навантаження і дії і тому подібне

Діагностичний метод відрізняється тим, що в процесі експлуатації конструкцій за допомогою спеціальних апаратно-програмних засобів здійснюються виміри дійсних параметрів напружено-деформованого стану конструкцій і зовнішніх дій, на основі і при обробці яких можливе отримання фактичного матеріалу про дійсний технічний стан конструкцій. При проведенні регулярних (чи постійних) вимірів можна накопити достатній матеріал для оцінки залишкового ресурсу, а в ідеалі - і для прогнозування технічного стану споруд.

Найважливішим чинником, що впливає на працездатність конструкцій, є чинник накопичення недосконалості на етапах життєвого циклу.

В процесі проектування, виготовлення, транспортування, збирання і монтажу конструкцій, тобто в доексплуатаційний період, в конструкціях накопичуються недосконалості у вигляді помилок проектувальників, відхилень і порушень в характеристиках матеріалу і прокату, дефектів виготовлення із-за використання неякісного устаткування і технологічних помилок, дефектів транспортування при кріпленні і кантівці конструкцій, дефектів укрупнительної зборки і монтажу при неправильних строповке, кріпленні, зборці і тому подібне.

У результаті до початку експлуатації в конструкціях вже є дефекти, які, безумовно, роблять вплив на працездатність і безвідмовність роботи конструкцій. Така недоскопальність, отримана конструкціями в доексплуатаційний період життєвого циклу, називатимемо початковим рівнем ушкодження.

В процесі експлуатації за рахунок помилок експлуатаційних і технологічних служб підприємств - власників будівель і споруд, прояву наднормативних значень навантажень і дій, впливу техногенного довкілля, в конструкціях додатково виникають ушкодження, які, складаючись з недосконалістю початкового рівня, погіршують технічний стан конструкцій. Врахуємо також, що недосконалість, що знову з'являється, може викликати у ряді випадків розвиток вже наявної недосконалості.

В результаті, в процесі життєвого циклу конструкція практично постійно накопичує деякий об'єм недосконалості, який, в сукупності із зовнішніми умовами, що міняються, призводить до деградації технічної системи.

При оцінці технічного стану конструкцій будівель і споруд важливо знати поточний стан об'єкту і мати оцінку його залишкового ресурсу для ухвалення рішення про можливість і доцільність подальшої експлуатації, включаючи необхідність нормалізації об'єкту відповідно до чинних нормативно-технічних документів.

На жаль, сучасний стан технічного обслуговування будівель і споруд, введених в експлуатацію, такий, що їх власники не мають об'єктивних даних про початковий рівень повреждаемости, що, у свою чергу, утрудняє застосування статистичного методу дослідження експлуатаційного стану, або його показність надзвичайно низька і не дозволяє робити обгрунтовані висновки про дійсний технічний стан конструкцій. В той же час, відмова від статистичного методу дослідження експлуатаційного стану також нераціональна, оскільки цей метод дозволяє при відносно невеликих витратах накопичувати необхідний матеріал, який в комбінації з діагностичним методом дає можливість приймати обгрунтовані технічні рішення.

З цієї причини застосування статистичного методу дослідження експлуатаційного стану конструкцій є важливим елементом загальної оцінки і, більше того, дозволяє приймати обгрунтовані рішення про стратегію і тактику застосування діагностичного методу.

2.2 Оцінка надійності сталевих конструкцій промислової будівлі з виробництва стінових матеріалів в м.Запоріжжя

Головний корпус є двопролітною одноповерховою опалювальною будівлею (прольоти 24м і довжина 212м). Відмітка низу кроквяних конструкцій +10,800, у осях 23-39 прольоту А-Д відм. низу конструкцій покриття +18,600. Будівля обладнана підвісними кранами різної вантажопідйомності, електричними і ручними телями.

Крок колон основного каркаса по крайніх рядах – 6м, по середньому ряду – 12м (у осях 21-29 крок колон – 6м).

Інженерно-геологічні умови майданчика характеризуються матеріалами вишукувань, виконаних інститутом «УкрВосток ГІИНТИЗ» в 1976г. Майданчик розташовується в районі коксової батареї №1.

Майданчик складений наступними ґрунтами:

- насипний ґрунт, потужністю 1,5-2м;
- ґрунтово-рослинний шар, потужністю 0,8-1,0м;
- лесовидний суглинок (1 тип ґрунтових умов), потужністю 2,0-4,0м;
- леси, потужністю 3,7-9м.

Основою для фундаментів служать суглинки лесовидні і леси.

Фундаменти під колони каркаса – монолітні залізобетонні.

Колони каркаса крайніх і середніх рядів виконані з широкополочних двотаврів №50Ш1 шириною 485мм з паралельними гранями полиць по типу колон серії 1.424.3-7 вып. 3.

Кроквяні ферми прольотом 24м з паралельними поясами з широкополочних двотаврів типу «К» і ґратами з прокатних кутників, складених хрестом. Ухил поясів – 0,015. З'єднання решітки з поясами – через вузлові фасонки. У місцях де, що спираються кроквяні ферми на колони – встановлюються надколонники.

Підкроквяні ферми прольотом 12м, з нижнім поясом із широкополочних двотаврів типу «К» і верхнім поясом з прокатних кутників.

З'єднання колон каркаса з фундаментами – жорстке, з ригелями – шарнірне.

Стійкість каркаса в подовжньому напрямі забезпечується вертикальними пов'язями по колонах, вертикальними і горизонтальними пов'язями по нижніх поясах ферм і жорстким диском покриття, покриття сталевим профільованим листом.

Пов'язі по колонах і кроквяних фермах виконані з прокатних кутників.

Прогони виконані із прокатних швелерів.

Покрівля «ділянки» - «тепла». Склад: тришаровий руберойдовий килим на бітумній мастиці; асфальтова стяжка – 15мм; пінобетон; пароізоляція – 1 шар на бітумній мастиці; профлист покриття укладений по прогонах.

Профільований настил покриття марки Н60-845-0,8 по ГОСТ 24045-86 з оцинкованої сталі по ГОСТ 14918-80 із захисно-декоративним лакофарбовим покриттям.

За проектом стінова огорожа – з тришарових металевих панелей з алюмінієвими листами обшивки і утеплювачем із заливного фенолформальдегідного пінопласту (ФРП|-1), а в натурі – змонтовані стінні панелі з керамзитобетону.

2.3 Обстеження будівельних конструкцій

Обстеження будівельних конструкцій будівлі головного корпусу ділянки по виробництву стінових матеріалів з відходів вуглебагачення проведене з метою забезпечення безпечної експлуатації будівельних конструкцій в даній будівлі.

Обстеження виконувалося візуальним і інструментальним методами з використанням інструментів, приладів і апаратури.

Дефекти металевих конструкцій є наслідком відступів від правил виробництва робіт при виготовленні і монтажі конструкцій. Найбільш

характерними дефектами, що впливають на працездатність і експлуатаційну придатність конструкцій, є:

- невідповідність якості сталі умовам роботи конструкцій;
- тріщини, вирізи і вириви;
- відхилення геометричних характеристик від проектних;
- непрямолінійність елементів;
- відхилення від проектного положення конструкцій і їх елементів;
- неточна підгонка елементів у вузлах спряження;
- відсутність окремих елементів або необхідних з'єднань, а також наявність не передбачених проектом з'єднань і закріплень; неякісне виконання зварних швів (підрізи, непровари, пропалення, шлакові включення, пори і ін.);
- дефекти протикорозійного захисту.

Характерними пошкодженнями, що відбиваються на працездатності і експлуатаційній придатності конструкцій, є:

- руйнування захисних покриттів і корозія металу;
- розриви і тріщини в основному металі або швах;
- викривлення;
- розлад болтових і заклепувальних з'єднань;
- вирізи елементів або їх повний демонтаж у зв'язку з прокладкою комунікацій;
- деформації, викликані перевантаженнями або нерівномірними опадами і креном фундаментів;
- абразивний знос.

Дефекти і пошкодження залежно від значущості даного елемента для працездатності конструкції в цілому, а також від ступеня небезпеки дефекту або пошкодження діляться на 3 категорії – А, Б, В:

- до категорії А відносяться дефекти і пошкодження особливо відповідальних елементів і з'єднань, що представляють безпосередню небезпеку руйнування;

- до категорії Б відносяться дефекти і пошкодження, що не представляють у момент виявлення безпосередньої небезпеки для конструкцій, але що можуть надалі викликати пошкодження інших елементів (вузлів, з'єднань) і при розвитку перейти в категорію А;
- до категорії В відносяться дефекти і пошкодження, що не відносяться до категорій А і Б, наявність яких не пов'язаний із загрозою руйнування.

При обстеженні будівельних конструкцій були проведені обміри конструкцій, визначені відхилення положення конструкцій і їх геометричних розмірів від проектних, визначені відхилення від проектів конструктивного виконання елементів і з'єднань, виявлені пошкодження елементів і з'єднань. Обміри виконувалися металевою рулеткою, штангенциркулем.

Обстеження будівельних конструкцій проводилося неруйнуючим методом, шляхом візуального огляду за допомогою інструментів (біноклі, фотоапарат, щупи, лінійки, рулетки). Для виявлення ступеня і виду корозійних пошкоджень конструкції, в місцях вимірів, були очищені від продуктів корозії до металевого блиску і виконані виміри штангенциркулем. Вся решта дефектів і пошкоджень фіксувалася методом фотографування.

Мета обстеження: порівняння проектних даних з фактично побудованою будівлею і виявлення відхилень від проекту; виявлення і класифікація дефектів, пошкоджень в будівельних конструкціях обстежуваного об'єкту; визначення технічного стану, як окремих конструкцій, так і всього об'єкту в цілому; розробка рекомендацій по подальшій безпечній експлуатації будівельних конструкцій будівлі з метою технічного

Фундаменти. Під час обстеження були оголені оголовки окремих залізобетонних фундаментів будівлі корпусу по ряду А в вісях 35-37. При обстеженні цих фундаментів було встановлено, що фундаменти виконані за проектом і знаходяться в задовільному стані. Ознак аварійного стану, а саме: крізні тріщини в тілі бетону, сколи, крен, зсуви, перекося колон, помічено не було. Стан – задовільний.

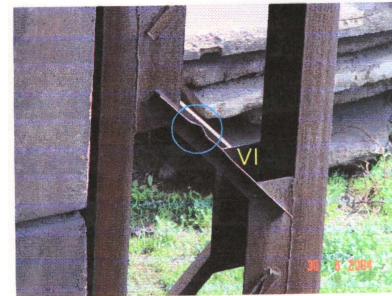


Фото 1

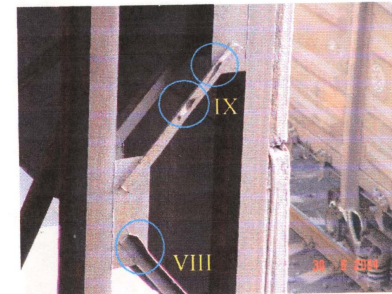


Фото 2

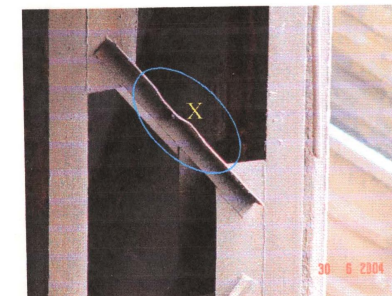


Фото 3



Фото 4

Колона по ряду А вісь 28

(вигляд із сторони осі 27)

Розмалковка кутника № VI
двохвітьова колона до 5 градусів-
внаслідок ударної дії.

Категорія пошкодження -В
(ДБН 362-92 п.2.9 див.табл.10
група 6 №9)

Колона по ряду А вісь 28

(вигляд із сторони осі 27)

Розмалковка кутника № VIII, IX
двохвітьова колона до 5 градусів-
внаслідок ударної дії.

Категорія пошкодження -В
(ДБН 362-92 п.2.9 див.табл.10
група 6 №9)

Колона по ряду А вісь 28

(вигляд із сторони осі 27)

Розмалковка кутника № X
двохвітьова колона до 5 градусів-
внаслідок ударної дії.

Категорія пошкодження -В
(ДБН 362-92 п.2.9 див.табл.10
група 6 №9)

Колона по ряду А вісь 27

(вигляд із сторони осі 26)

Вигин з площини кутника № XI
двохвітьова колона до 5 градусів-
внаслідок ударної дії.

Категорія пошкодження -А

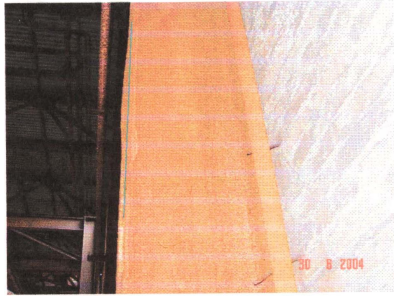


Фото 5

Колонна по ряду А вісь 32
(вид із сторони осі 31)

Прогін полки-
внаслідок ударної дії.

Категорія пошкодження -Б
(ДБН 362-92 п.2.9 див.табл.10
група 6 №2)



Фото 6

Колонна по ряду А вісь 10
(характерне фото)

Відсутність гайки на анкерному
болті.

Категорія пошкодження -А
(ДБН 362-92 п.2.9 див.табл.10
група 1 №3).

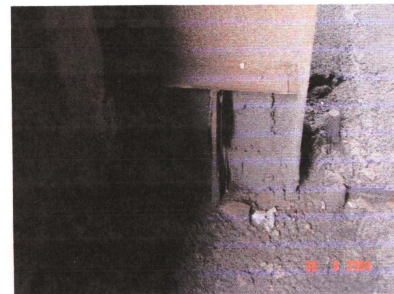


Фото 7

Накопичування сміття, загальна
корозія.

Характерне фото

Накопичування сміття та виникають
благоприятні умови для розвитку
корозії металу на базі колони.

При перевірці фактична товщина
полки прокатного двотавра №50
колони виявилась, що корозія 23%.

Колонна по ряду Д вісь 37,

(характерне фото)

Загальна корозія металу тіла колони
внаслідок руйнування захисного
покриття.



Фото 8

Стан – обмежений роботоздатний.

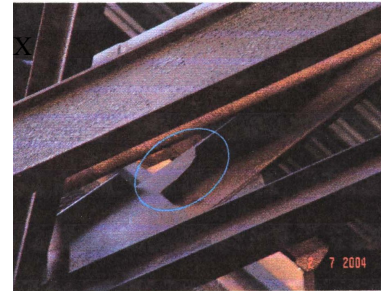


Фото 13

Загальна корозія металу
конструкції підкрівляної ферми.
Стан – обмежений роботоздатний.



Фото 14

Загальна корозія металу
конструкції підкрівляної ферми.
Стан – обмежений роботоздатний.
Підкрівляна ферма
по ряду Д в вісях 35-37.
Виріз у кутнику розкоса ферми.
Стан – роботоздатний.



Фото 15

Загальна корозія (в місцях
скріплення)
з прогонами) металу проф.листа.
Стан – обмежений роботоздатний.

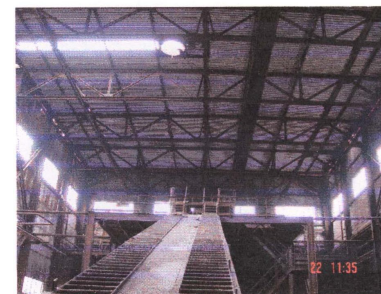


Фото 16

Колони. В процесі обстеження 97 металевих колон основного каркаса було встановлено, що 67 колон знаходяться в обмежено працездатному стані. Це складає 69% від загальної кількості колон. Класифікація пошкоджень металевих колон проводилася згідно ДБН 362-92 п.2.9 табл. 10.

Основними пошкодженнями по колонах з'явилися корозія різного ступеня, погнутості металу, отримані унаслідок механічної дії (удару) , відсутність кріплень анкерних болтів – ряд А вісь 10. Всі бази колон завалені пилом і сміттям, що створює «сприятливі» умови для розвитку корозійних процесів. Аналізуючи отримані дефекти і пошкодження, металеві колони були класифіковані на підставі ДБН 362-92 п.2.9 по технічному стану:

- Обмежено працездатне – колони по: ряду Д в вісях 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18; ряду А в вісях 4, 5, 6, 7, 8, 13, 16, 20, 32, 33, 37 (база колони завалена пилом і будівельним сміттям і, як наслідок, метал бази колони сильно пошкоджений – пластинчата корозія (продукти корозії відпадають пластинами). При вимірі, перетин металу зменшився в деяких місцях на 20,6%, тобто замість 15мм товщини полиці двутавра| 50Ш1 – 11,9мм. Основна частина колони має незначні корозійні пошкодження – плівкова корозія, місцями невеликі виразки. Колони по: ряду Д в вісях 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23; ряду А в вісях 2, 3, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31; ряду Д в вісях 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 37 (база і основна частина колони по всій висоті отримали сильні корозійні пошкодження – загальна нерівномірна і пластинчата корозія).
- Працездатне – колони по: ряду Д в вісях 1, 2, 4, 11, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37; ряду А в вісях 1, 21, 30, 34, 35, 36; ряду Д в вісях 21, 23, 29, 31, 33, 35 (плівкова і місцями невелика виразкова корозія).

Пошкоджень, отриманих внаслідок деформаційних дій (нерівномірна просадка, крен і поворот фундаментів, втрата стійкості і ін.), виявлено не було.

Пов'язі по колонах. Єдиним пошкодженням металевих пов'язів по колонах з'явилася корозія металу.

В процесі обстеження 11 пов'язів по колонах з'ясувалося, що їх стан класифікований як:

- обмежено працездатний – 5 пов'язів: ряд Д в вісях 9-11, 25-26, 32-33, ряд Д в вісях 25-26, ряд А в вісях 10-11, що складає 45,5% від загальної кількості;
- працездатне – решту 6 зв'язків – 54,5% від загальної кількості.

Кроквяні ферми. При обстеженні 75 металевих кроквяних ферм було встановлено, що 2 ферми отримали пошкодження (див. ДБН 362-92 по п. 2.9, табл. 10, гр. 6 №9).

Всі ферми мають загальну рівномірну корозію до 10% із-за порушення протикорозійного шару і не контролюваного вологісного режиму усередині будівлі.

Стан всіх кроквяних ферм класифікований як обмежено працездатне.

Підкроквяні ферми. При обстеженні 13 металевих підкроквяних ферм було встановлено, що на підставі ДБН 362-92 всі підкроквяні ферми знаходяться в обмежено працездатному стані із-за загальної рівномірної корозії до 10%, внаслідок порушення протикорозійного шару і не контролюваного вологісного режиму усередині будівлі.

1 ферма отримала пошкодження типу виріз в полиці кутника верхнього поясу. Категорія пошкодження – Б (див. ДБН 362-92 по п. 2.9, табл. 10, гр. 1).

Система зв'язків по кроквяних фермах.

Система пов'язів по фермах складається з:

- горизонтальних пов'язів по нижніх поясах кроквяних ферм;
- вертикальних пов'язів між фермами.

При обстеженні металевих пов'язів по фермах було встановлено, що основними пошкодженнями з'явилися: вигини в площині і з площини пов'язів, корозія металу елементів пов'язів. Категорії пошкоджень і стану пов'язів класифікувалися згідно ДБН 362-92.

Стан елементів конструкцій пов'язів по кроквяних фермах класифікований як:

- обмежено працездатний – розпірки по нижніх поясах №1-2 (проліт А-Д в осях 3-4), 3-4 (проліт Д-К в осях 4-5), 5-6 (проліт А-Д в осях 6-7), 7-8 (проліт А-Д в осях 10-11), 9-10 (проліт А-Д в осях 10-11), 11-12 (проліт Д-К в осях 14-15), 13-14 (проліт А-Д в осях 20-21), 15-16 (проліт Д-К в осях 24-25), 16-17 (проліт Д-К в осях 25-26), 18-19 (проліт Д-К в осях 26-27), 19-20 (проліт Д-К в осях 27-28), 21-22 (проліт Д-К в осях 27-28), 23-24 (проліт Д-К в осях 31-32), 25-26 (проліт А-Д в осях 32-33), 27-28 (проліт Д-К в осях 33-34), 28-29 (проліт Д-К в осях 34-35).
- працездатне – вся решта елементів конструкцій.

Конструкції покриття. Покрівля.

За всією площею покрівлі помічені підриви рулонного килима, повітряні міхури, скупчення сміття на якому видно порослу траву і чагарники. утеплювач замочений.

Стан покрівлі – не придатний до нормальної експлуатації.

Профільований лист.

За всією площею цеху, в місцях кріплення листа до прогонів, видно сліди корозії і крізні дірки. Місцями лист зірваний.

Стан – аварійний.

Прогони. Прогони (швелера №20) в місцях протікання покрівлі пошкоджені (корозія загальна нерівномірна, місцями пластинчата).

Стан – обмежено працездатний.

Стінова огорожа. Стінові панелі.

В процесі обстеження 598 стінових панелей з керамзитобетону були виявлені наступні дефекти і пошкодження:

- вертикальні тріщини розкриттям до 3,0мм
- сколи захисного шару оголення і корозія арматури;
- тріщини у фактурному шарі;
- відсутні парпетні плити або фартухи з оцинкованої сталі;

- випирання панелі з площини стіни до 60мм (панель №218).

Обстеження велося візуальним способом.

Стан стінових панелей на підставі ДБН класифікований як:

- аварійний панелі №24, 42, 67, 70, 99, 120, 128, 133, 136, 141, 144, 157, 159, 169, 170, 192, 193, 195, 198, 218, 357, 358, 365, 374, 375, 376, 389, 390, 438, 440, 446, 463, 464, 467, 468, 471, 473, 474, 481, 535 – 40шт (6,7%);
- не придатний до нормальної експлуатації – панелі №3, 4, 7, 11, 12, 16, 17, 19, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 36, 37, 41, 43, 45, 48, 49, 53, 54, 58, 59, 60, 64, 66, 71, 72, 74, 75, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 119, 129, 130, 132, 134, 135, 139, 145, 146, 149, 167, 172, 173, 174, 176, 177, 180, 182, 183, 188, 189, 191, 194, 196, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 256, 359, 360, 361, 372, 373, 429, 439, 475, 484, 489, 502, 531, 534 – 99шт (16,6%).
- задовільний – вся решта стінових панелей.

Цегляна кладка. Замочування, розморожування, вивітрювання на глибину до 50мм, випадання розчину з швів на площі до 25% від всієї площі цегляної кладки стін.

Загальний стан цегляних стін – III (не придатний для нормальної експлуатації).

Підлоги. Підлоги на всій площі цеху – не виконані. Замість підлог будівельне сміття або залізобетонне перекриття підземного господарства.

На момент обстеження загальний стан конструкцій будівлі ділянки по виробництву стінових матеріалів з відходів вуглезбагачення класифікований як не придатний до нормальної експлуатації, із-за пошкоджень в: колонах, пов'язах по колонах, кроквяних фермах, системі пов'язів по кроквяних фермах, цегляних стінах і стінних панелях.

Основне і достатньо серйозне пошкодження будівельних конструкцій обстежуваної будівлі – корозія металу основних конструкцій каркаса будівлі. Металеві конструкції даної «ділянки» тривалий час піддавалися корозійній

дії. Впродовж 13 років захисний шар протикорозійного захисту не ремонтувався і не відновлювався. Це привело до зменшення перетину застосованих металевих профілів із-за окислення. При вимірах величини корозії було встановлено, що тільки в колонах втрати металу склали до 20,6% (з 15мм товщини полиці прокатного двотавра №50Ш1 до 11,9мм). Цей факт може зробити суттєвий вплив на подальшу роботу металевих конструкцій.

Для подальшої експлуатації будівельних конструкцій необхідно провести перерахунок рами цеху з урахуванням змінених геометричних характеристик застосованих профілів, специфіки майбутнього виробництва, наявності вантажопідйомного обладнання, його режиму роботи і вантажопідйомності, а також відновити пошкоджені конструкції.

Пошкодження в стінових панелях пов'язані, швидше за все, з бракованою партією виробленої на заводі виготівнику, або неправильним зберіганням (складуванням). Упродовж 13 років після зведення, конструкції будівлі цеху деформацій, пов'язаних з нерівномірною просадкою фундаментів будівлі не зазнавали. Це підтверджує цілісність зачеканки швів між панелями і вузлів кріплення панелей до колон. Характер пошкоджень дозволу стінових панелей (крізні тріщини, їх спрямованість, ширина розкриття) може вказувати на:

- недостатню міцність керамзитобетону;
- недостатню площу перетину робочої арматури;
- неправильне застосування навантажень на панелі, тобто з площини|.

Такий варіант можливий при їх неправильному складуванні.

Слід зазначити, також і той факт, що стінова огорожа в даному цеху запроектована типа «сендвіч». У натурі виконані стінові панелі з керамзитобетону. Робочою документації на таке виконання стінної огорожі не знайдено. Тобто колони каркаса будівлі цеху отримали додаткові навантаження, які не могли бути враховані при проектуванні. Швидше за все, рішення про заміну стінної огорожі було ухвалено «по ходу» зведення і продиктовано наявністю у заводу стінових панелей з керамзитобетону.

До IV (аварійного) стану, згідно з ДБН віднесені наступні конструкції:

- покрівля цеху (профільований лист, рулонний килим);
- стінові панелі №24, 42, 67, 70, 99, 120, 128, 133, 136, 141, 144, 157, 159, 169, 170, 192, 193, 195, 198, 218, 357, 358, 365, 374, 375, 376, 389, 390, 438, 440, 446, 463, 464, 467, 468, 471, 473, 474, 481, 535.

До обмежено працездатного стану, віднесені наступні металоконструкції:

- колони по: ряду Д в осях 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18; 19, 20, 21, 22, 23, ряду А в осях 2-20, 22-29, 32, 33, 37, ряду Д в осях 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 37;
- пов'язі по колонах – ряд Д в осях 9-11, 25-26, 32-33, ряд Д в осях 25-26, ряд А в осях 10-11
- металеві прогони;
- кроквяні ферми;
- підкроквяні ферми;
- розпірки по нижніх поясах №1-2 (проліт А-Д в осях 3-4), 3-4 (проліт Д К в осях 4-5), 5-6 (проліт А-Д в осях 6-7), 7-8 (проліт А-Д в осях 10-11), 9-10 (проліт А-Д в осях 10-11), 11-12 (проліт Д-К в осях 14-15), 13-14 (проліт А-Д в осях 20-21), 15-16 (проліт Д-К в осях 24-25), 16-17 (проліт Д-К в осях 25-26), 18-19 (проліт Д-К в осях 26-27), 19-20 (проліт Д-К в осях 27-28), 21-22 (проліт Д-К в осях 27-28), 23-24 (проліт Д-К в осях 31-32), 25-26 (проліт А-Д в осях 32-33), 27-28 (проліт Д-К в осях 33-34), 28-29 (проліт Д-К в осях 34-35).

До стану III (непридатне для нормальної експлуатації), віднесені конструкції:

- стінові панелі №3, 4, 7, 11, 12, 16, 17, 19, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 36, 37, 41, 43, 45, 48, 49, 53, 54, 58, 59, 60, 64, 66, 71, 72, 74, 75, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 119, 129, 130, 132, 134, 135, 139, 145, 146, 149, 167, 172, 173, 174, 176, 177, 180, 182, 183, 188, 189, 191, 194, 196, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 256, 359, 360, 361, 372, 373, 429, 439, 475, 484, 489, 502, 531, 534;
- цегляна кладка по фасаду будівлі.

2.4 Класифікація видів корозії металів

Відповідно до існуючої класифікації корозія металевих конструкцій за механізмом її протікання підрозділяється на три види: хімічну, електрохімічну, біологічну.

Хімічна корозія металів має два підвиди: газова і корозія в розчинах неелектролітів.

Газова корозія металів – це мимовільне руйнування металу внаслідок його взаємодії з довкіллям, при якому окислювання металу відбувається в результаті відновлення окислювача за механізмом гетерогенних реакцій. Прикладом є газова корозія металів при підвищених температурах у сухих газових середовищах (топкові гази й гаряче повітря), що містять крім O₂ та інші гази, наприклад SO₂, H₂S, Cl, H₂O і CO₂ (це деполяризатори, окислювачі, тобто такі, що поглинають електрони). Цей тип корозії характерний для металевих конструктивних елементів теплофікаційних мереж, теплових агрегатів і грубних установок усілякого призначення, елементів димарів, повітроводів і т.п.

Газова корозія відбувається за законами звичайних хімічних реакцій, що протікають при контакті металу із сухими газами, але тільки при таких температурах, при яких виключена конденсація водяної пари, що приводить до зміни механізму реакції і перетворення її в атмосферну електрохімічну корозію.

Найбільш поширеною є корозія металів під тиском сухого атмосферного повітря, коли окислювачем служить кисень. Метали термодинамічно хиткі до дії газового окислювача і це є причиною корозії. Критерієм можливості або неможливості протікання реакцій за участю газової фази служить зміна вільної енергії Гіббса $\Delta G_{\text{от}}$ і рівноважне значення парціального тиску CO₂ або будь-якого іншого газоподібного окислювача. Завдяки термодинаміці можна визначити можливість і напрямок протікання реакцій. Наприклад:



$\Delta G_{\text{от}} = - 58$ ккал/моль, тобто процес йде, тому що знак негативний, але оскільки FeO не утворює суцільну захисну плівку, то виникає іржа



$\Delta G_{\text{от}} = - 378$ ккал/моль, але при цьому утворюється корунд (Al₂O₃), що являє собою тонку і дуже міцну плівку, яка захищає Al від корозії.



$\Delta G_{\text{от}} = + 18$ ккал/моль. Оскільки значення позитивне, то процес корозії не іде і золото є дійсно стійким у кисневому середовищі.

При підвищенні температури парціальний тиск кисню для металів різко збільшується, але залишається меншим, ніж парціальний тиск кисню в атмосфері. Виняток складають дорогоцінні метали, такі як золото, срібло, платина і т.п.

Механізм процесів газової корозії пояснюється тим, що швидкість окислювання не пов'язана безпосередньо з величиною $\Delta G_{\text{от}}$, а обумовлюється кінетичними факторами – температурою, швидкістю росту і суцільністю окисних плівок, що утворюються. При контакті металу з киснем у початковий момент атоми O₂ адсорбуються на поверхні металу, і між поверхневими атомами металу й атомами кисню утворюється іонний зв'язок. Оскільки метал віддав кисню 2 валентних електрони, така хемосорбція кисню протікає майже миттєво. Далі через дифузію кисню і іонів металу крізь хемосорбційний шар плівка товщає і перетворюється в оксидну, що складається з іонного оксиду даного металу, а швидкість росту оксидної плівки прямопропорційна часу.

Газова корозія сталі характерна для конструкційних елементів, які працюють у контакті з газовими середовищами при T>500°C. При температурах вище 575°C залізо окислюється з утворенням окалини, що має шаруватий характер. На швидкість окислювання заліза і сталей у сухому повітрі значний вплив мають домішки у вигляді SO₂ і водяної пари. Так,

швидкість корозії сталі в повітрі, що містить по 5,0% SO₂ і водяної пари, втричі вища, ніж у чистому повітрі, а присутність CO₂ знижує швидкість корозії сталі.

Процес окислювання сталі і чавуну, на відміну від окислювання чистого заліза, супроводжує процес знеуглецювання (розкладання Fe₃C), швидкість якого росте з підвищенням температури. При наявності в газовому середовищі водню спостерігається також воднева крихкість. Знеуглецювання сталі протікає при її контакті з газовим середовищем, що містить CO₂, O₂ і H₂ і водяну пару, що різко знижує міцність сталі. Для підвищення стійкості сталей до впливу зазначених газів до їх складу додають легуючі компоненти: хром, алюміній, марганець і вольфрам, а підвищення вмісту вуглецю дозволяє сповільнити процес знеуглецювання.

Надійність роботи будівельних конструкцій при високих температурах пов'язана не тільки з корозійним впливом газового середовища, але і безпосередньо з впливом температур на їх механічні властивості. Тому довговічність конструкцій може бути оцінена за допомогою двох однаково важливих характеристик – жаростійкості й жароміцності.

Жаростійкістю називають здатність металів чинити опір корозійному впливу експлуатаційних середовищ при високих температурах. Жароміцність показує здатність металів зберігати механічні властивості (міцність та пружнопластичність) при високих температурах.

Для захисту металів від хімічної газової корозії застосовують такі методи: легування сталі, використання жаростійких сплавів (на основі титана, цирконію, молібдену, танталу), утворення захисних покриттів

- 1) способами дифузійного і плазменого нанесення;
- 2) з жаростійких елементів (алюмінію, хрому, кремнію);
- 3) з тугоплавких сполук, а також використання захисної або контрольованої атмосфери та раціонального конструювання агрегатів і установок.

Слід зазначити, що до T = 500 °C сплави з низькою жаростійкістю є цілком стійкими, в тому числі сталь Ст3, низьколеговані будівельні сталі, а також сірі чавуни. Для виготовлення конструкцій димарів і елементів печей застосовують сплави з помірною жаростійкістю, наприклад, середньолеговані сталі ХМ5. Грубну арматуру виробляють із сплавів з більшою жаростійкістю, зокрема Х17 і Х25 з жаростійкістю 870 -1100 °C. Вплив нагрітої до 500 оC водяної пари, розчинів кислот і лугів витримують хромонікелеві сталі типу Х18Н10Т, Х28Н4. Для захисту від газової корозії при підвищених і високих температурах застосовують температуростійкі покриття, що забезпечують захист як від поверхневої, так і від глибинної міжкристалічної корозії, а також запобігають знеуглецюванню і дифузії в метал азоту і водню.

Для захисту труб можна застосовувати різні види емалей – кислото-, луго- й жаростійкі. Як жаростійкі покриття можна застосовувати жаростійкі сплави, які наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Види жаростійких сплавів

Марка	Вміст по масі, %						
	Fe	Ni	Cr	Al	Mn	Si	C
X25H20C2	53-45	18-21	23-27	-	1,5	2-3	0,2
X18H25C2	56-49	23-26	17-20	-	< 1,5	2-3	0,3-0,4
X20H80	-	73-75	20-23	-	< 1,5	< 0,5	0,15
XH60Ю	19-26	55-58	15-18	2,6-3,5	< 0,3	< 0,8	< 0,1

Корозія у розчинах неелектролітів. За хімічним механізмом може протікати корозія металів і при їх контакті з рідкими неелектролітами, а також з розплавами металів і неметалів. До неелектролітів відносяться рідкі середовища, складові частини яких не дисоціюють на іони і не проводять електричного струму. Такими є нафта, бензин, гас та інші види рідкого палива, деякі олії, органічні розчинники (чотирихлористий вуглець, хлороформ і т.п.), рідкий бром, розплав сірки.

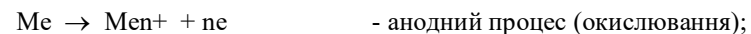
Досвід експлуатації нафтопроводів, сховищ для нафти і продуктів її переробки показує, що хоч малосірчані сорти нафти, бензин без домішок і гас не агресивні щодо металів, їх корозійна активність різко зростає від наявності домішок у вигляді біоспиртів, сірководню та елементарної сірки, а наявність у нафті води різко підсилює корозію. Рідкий бром теж активно взаємодіє з металами, у тому числі із сталлю, швидко руйнує її навіть при звичайній температурі.

Для захисту металевих конструкцій від корозії в рідких неелектролітах використовують корозієстійкі високохромисті сталі. Ефективним є нанесення захисних покриттів. Велике значення має також очищення неелектролітів від води і домішок.

Електрохімічна корозія металів. Корозія у розчинах електролітів називається електрохімічною. Електроліти - це середовища, що проводять електричний струм, тобто мають іони (аніони і катіони), що рухаються і забезпечують анодний і катодний процес. До електрохімічних середовищ відносяться: звичайна атмосфера (атмосферна корозія); підземне середовище (підземна корозія); середовище, в якому діють блукаючі струмені (наприклад, трамвайні шпали або шпали в метро), водне середовище (річкові, морська, стічні води, технологічні рідини).

Сталеві конструкції промислових будівель і споруд, підземні трубопроводи, металеві ємкості, металеві конструкції гідротехнічних споруд звичайно експлуатуються в умовах контакту з рідкими електролітами, що призводить до істотних втрат металу внаслідок руйнування.

Особливість електрохімічної корозії полягає в тому, що окислювання (іонізація) атомів металу і відновлення окислювача супроводжується виникненням між цими ділянками електрорушійної сили (ЕРС) і протіканням електричного струму. Механізм електрохімічної корозії подібний механізму роботи гальванічного елемента. Електрохімічна корозія здійснюється в результаті протікання двох електродних напівреакцій: анодної (окислювання) і катодної (відновлення):



Деякі значення електродних потенціалів наведені в табл. 2.2, а для напівкатодних напівреакцій - в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Величини найважливіх стандартних електродних потенціалів

Реакція	Потенціал E ₀ , В	Реакція	Потенціал E ₀ , В
Al ³⁺ + 3e ↔ Al	- 1,65	Sn ²⁺ + 2e ↔ Sn	- 0,14
Ti ²⁺ + 2e ↔ Ti	- 1,63	Fe ³⁺ + 3e ↔ Fe	- 0,04
Ti ³⁺ + 3e ↔ Ti	- 1,21	2H ⁺ + 2e ↔ H ₂	± 0,00
Cr ²⁺ + 2e ↔ Cr	- 0,91	Cu ²⁺ + 2e ↔ Cu	+ 0,34
Zn ²⁺ + 2e ↔ Zn	- 0,76	Ag ¹⁺ + 1e ↔ Ag	+ 0,80
Cr ³⁺ + 3e ↔ Cr	- 0,74	Pt ²⁺ + 2e ↔ Pt	+ 1,19
Fe ²⁺ + 2e ↔ Fe	- 0,44	Au ¹⁺ + 1e ↔ Au	+ 1,68
Ni ²⁺ + 2e ↔ Ni	- 0,25		

Таблиця 2.3 - Електродні потенціали найважливіх катодних напівреакцій

Напівреакція	Потенціал E ₀ , В	Напівреакція	Потенціал E ₀ , В
2H ⁺ + 2e ↔ H ₂	0,00	2H ⁺⁺ ½O ₂ + 2e ↔ H ₂ O	+ 1,229
H ₂ O + ½O ₂ + 2e ↔ 2OH ⁻	+ 0,401	C ¹² + 2e ↔ 2C ¹⁻	+ 1,338

Можливе сполучення анодних і катодних напівреакцій залежить від властивостей металу, розчину електроліту і термодинамічних умов. У більшості випадків корозійні пари утворюються внаслідок окислювання металу і відновлення іонів водню або кисню, які розчинені в електроліті (табл.2.3.). У цьому разі в ролі катодів виступають струмопровідні домішки в металах з більш позитивним потенціалом, які є донорами електронів. Реальна можливість протікання подібних процесів корозії пов'язана з тим, що всі технічні метали і сплави неоднорідні за структурою і складом. Так, у сталях основним компонентом є ферит (α-Fe), але крім цього присутні включення цементиту Fe₃C і графіту С, які мають електродні потенціали більш позитивні, ніж у фериту. Така неоднорідність сталі при контакті з розчинами

електроліту приводить до виникнення на її поверхні численних гальванічних короткозамкнених елементів, у яких анодами служать феритні ділянки, а катодами – включення цементиту і графіту.

Процес корозії металів характеризується значенням необоротного потенціалу, що встановлюється на металі в результаті обміну не тільки іонами металу, але й іншими іонами (або атомами, молекулами). При цьому анодний процес здійснюється переважно іонами кородуючого металу, а катодний – іншими іонами. У разі виникнення необоротних потенціалів спостерігається зменшення маси металу внаслідок його електрохімічного розчинення.

У реальних умовах при замиканні ланцюга корозійного елементу відбувається зміна початкових потенціалів електродів, що приводить до відхилення потенціалу від рівноважного, стаціонарного (або необоротного). При анодному напрямку струму, коли метал розчиняється й у приелектродному шарі накопичуються катіони металу, потенціал зміщується у бік більш позитивних значень і процес корозії буде гальмуватися. Такий зсув потенціалу називається поляризацією.

Крім зазначеної вище концентраційної поляризації може мати місце і хімічна поляризація, яка пов'язана зі зміною складу поверхні електродів. Це характерно для випадків, коли на поверхні анодів починають утворюватися хімічні сполуки у вигляді плівок, у результаті спостерігається стрибкоподібний зсув потенціалу в позитивну сторону і зниження густини корозійного струму.

Крім поляризації в корозійних процесах відбувається і деполаризація, яка пов'язана зі зменшенням поляризації електродів. Якби не було поляризації електродів, то сили корозійних струмів були б дуже великі й швидкості корозійних процесів були б на кілька порядків вище.

На швидкість процесів електрохімічної корозії впливають внутрішні фактори, що залежать від складу і структури металу, стану його поверхні, існування початкових напружень, від термічної і механічної обробки. До цих

факторів відносяться: термодинамічна нестійкість даного виду металу; неоднорідність його структури через мікро- і мікрівключення; неоднорідність поверхні в результаті утворення оксидних плівок і появи в них мікро- і макропор, продуктів корозії; існування швів зварювання унаслідок нерівномірного нагрівання, що додає металові внутрішніх напружень.

Крім внутрішніх факторів на швидкість корозії впливає цілий ряд зовнішніх факторів, таких як вид, склад і властивості корозійного середовища, умови, в яких протікає процес, а саме температура, тиск, швидкість потоку.

Процеси електрохімічної корозії доцільно класифікувати за умовами й особливостями їх експлуатації.

Атмосферна корозія. Цей вид корозії металевих конструкцій є одним з найбільш поширених, тому що близько 80 % конструкцій і споруд експлуатуються в атмосферних умовах: просто на відкритому повітрі, у загальнозаводській атмосфері, атмосфері цехів і приміщень різного призначення.

Залежно від відносної вологості повітря, розрізняють такі види корозійної атмосфери: суха ($W < 60 \%$); нормальна ($W = 61-75 \%$); волога ($W > 75 \%$). Механізм її протікання залежить від товщини плівки вологи на поверхні конструкції. Суха атмосферна корозія характерна для умов, коли товщина плівки вологи не перевищує 10 нм і за механізмом цей процес близький до газової корозії. При вологому корозійному середовищі товщина плівки вологи не перевищує 0,1 мкм, при мокрому – коливається від 0,1 до 1 мкм. Оскільки відносна вологість повітря сильно змінюється навіть протягом доби і тим більше протягом року, зазначені види корозії можуть накладатися і переходити один в один.

Корозійна агресивність атмосфери характеризується кліматичними факторами (температурою і відносною вологістю) і забрудненнями у вигляді кислих газів CO_2 , SO_2 , NO , NO_2 , H_2S та інших, а також туманами, вмістом

пилоподібних часток у вигляді розпилених у повітрі хімічних сполук (аерозолів). Швидкість корозії багато в чому обумовлена рівнем критичної вологості, що залежить від стану поверхні металу і концентрації забруднень. Залежність відносної швидкості корозії деяких матеріалів від виду атмосферного повітря наведена в табл. 2.4

Таблиця 2.4 - Швидкість корозії деяких металів

Вид металу або сплаву	Швидкість корозії, мм/м ² рік (залежно від виду атмосферного повітря)			
	сільське	міське	промислових районів	морське
Вуглецева сталь	6 – 60	30 - 70	30 - 160	20 - 170
Алюмінієві сплави	< 0,1	0,1 – 1,0	1 – 1,5	0,5
Цинк	0,2 - 5	1 - 7	3 - 15	0,5 - 7

Морське чисте повітря (без промислових забруднень) досить агресивне до сталі через постійний вміст у ньому невеликої кількості хлоридів натрію (~ 100 мг/м³) і підвищену вологість повітря у прибережній смузі (шириною до 1 км). У морській промисловій атмосфері швидкість корозії збільшується внаслідок забруднення повітря. Особливо небезпечна атмосфера районів, сильно забруднених пилом, кислотними газами (зокрема, коли вміст SO₂ доходить до 70 мг/м³). Корозія сталі в сухому атмосферному повітрі за механізмом протікання близька до газової корозії, а якщо на поверхні сталі є плівка води достатньої товщини, то корозія протікає за електрохімічним механізмом. При цьому на аноді відбувається реакція окислення фериту (α -Fe):



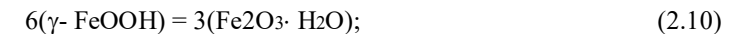
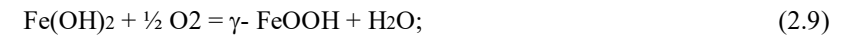
На катоді, як правило, йде процес відновлення кисню (киснева деполаризація)



Реакція (2.6) характерна для вологого повітря, вода сприяє підвищенню реакційної здатності кисню, оскільки кінетика катодного процесу визначається концентрацією розчиненого кисню у воді і здатністю води розчиняти й інші гази та мінеральні солі, що знаходяться в повітрі. Розчинення компонентів підсилює електричну провідність і прискорює корозію. Хоча розчинення кислотних газів у плівці води знижує значення рН електроліту до 5 і нижче, катодний процес все ж протікає за участю кисню, де останній виступає як деполаризатор:



Від того, яка катодна реакція має місце, залежать вид вторинних реакцій і склад продуктів корозії. У нейтральних і лужних середовищах вторинні реакції при корозії сталі визначаються наявністю OH⁻-іонів, виходячи з реакцій:



Вплив пилу й аерозолів в атмосфері пов'язаний з їх мінеральним складом, розчинністю і гігроскопічністю. Оцінка ступеня їх агресивності здійснюється відповідно до ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії.

Механізм протікання процесів корозії в цьому випадку залежить від складу плівкового електроліту і мало чим відрізняється від розглянутих вище процесів. Швидкість корозії визначається і видом металу конструкції. Так, алюмінієві сплави в порівнянні з вуглецевою сталлю мають більш високу корозійну стійкість, що пов'язано з утворенням на поверхні конструкції

щільної і міцної оксидної плівки. Незважаючи на те, що алюмінієві сплави корозієстійкі в середовищах, що містять SO₂, H₂S, NH₃, вони швидко кородують у середовищах, які містять газоподібний хлор, фтор, а також пилоподібні частки карбонатів калію і натрію.

При роботі будівельних конструкцій в атмосферних умовах слід враховувати наявність контактів двох або декількох металів з різним значенням електродних потенціалів. При цьому контакти вважаються припустимими, якщо швидкість корозії анода (більш електронегативного металу) не перевищує 50 г/м² на рік. Так, припустимими вважаються контакти металів і сплавів, що входять у наступні групи:

- 1) цинк, алюміній, кадмій;
- 2) залізо, вуглецеві сталі, свинець, олово;
- 3) нікель, хром, хромисті сталі, хромонікелеві сталі. У середині кожної групи метали піддаються корозії, знаходячись у контакті з металами, розташованими за ними.

Для боротьби з цим видом корозії необхідно йти шляхом введення до складу сталей легуючих добавок і створення атмосферостійких сталей або нанесення на будівельні конструкції захисних покриттів, а також шляхом зменшення ступеня агресивності експлуатаційних середовищ.

Для підвищення корозійної стійкості сталі використовують легуючі добавки (до 30 %) Cu, Ni, Cr, Al, Ti, P. Навіть низьколеговані сталі мають у 2-2,5 раза більш високу корозійну стійкість, ніж сталь Ст3.

Основним методом захисту від атмосферної корозії є нанесення на їхню поверхню покриттів у вигляді плівок металу або інших речовин – органічних і неорганічних. З металевих покриттів для захисту конструкцій у слабо- і середньоагресивних середовищах найбільше поширення одержали цинкові і алюмінієві, тому що в них більш електронегативний потенціал по відношенню до сталі. У цьому разі захисні плівки, будучи анодами, захищають сталь від корозії.

Цинкові покриття товщиною від 50 до 200 мкм, що наносяться методом гарячого цинкування, напилювання або гальванічним способом, подовжують термін служби конструкції до 50 років.

Лакофарбові покриття значно дешевше металевих, тому застосовуються більше. Вони, як правило, багат шарові. Для захисту використовуються наступні групи лакофарбових матеріалів:

- I – гліфталеві, пентафталеві, алкідно-стирольні, масляні, епоксифірні;
- II – фенолформальдегідні, хлоркаучукові, перхлорвінілові, акрилові;
- III – хлоркаучукові, епоксидні, кремнійорганічні, перхлорвінілові, поліуретанові;
- IV – перхлорвінілові, епоксидні.

Вибір виду лакофарбового покриття здійснюють відповідно до ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Защита металлических конструкций от коррозии. Требования к проектированию. Перспективним способом боротьби з корозією конструкцій є зменшення ступеня агресивності промислового газоповітряного середовища шляхом скорочення або повного виключення технологічних викидів в атмосферу.

Обстеження зварених з'єднань металевих конструкцій показали, що ці з'єднання є місцями посиленої корозії через внутрішні напруження. Крім цього при проектуванні будинків і споруд з використанням металевих конструкцій треба вибирати раціональні конструктивні форми перерізів, щоб забезпечити принцип найменшої площі поверхні. Для захисту від контактної корозії з іншими металами і бетоном місця контакту ізолюють тіколовими стрічками, бітумонізованими прокладками.

Підземна корозія металів відбувається при роботі конструкцій у ґрунтах. У цих умовах конструкції можуть піддаватися електрокорозії під дією блукаючих струмів і біокорозії. Особливістю ґрунтів є їх структурна і хіміко-мінералогічна неоднорідність. У структурному відношенні ґрунти представлені твердою, рідкою і газоподібною фазами. Властивості твердої фази можуть варіюватися, тому що вона неоднорідна і може складатися з

різних гірських порід: пісків, глин, гранітів, базальтів, гнейсів і т.п. Властивості рідкої фази змінюються в широких межах залежно від складу і властивостей контактуючих з нею мінеральних фаз газоповітряного середовища. Властивості газоподібної фази визначаються її складом, структурою і ступенем ущільнення ґрунту.

До таких об'єктів відносяться нафто-, газо- і водопроводи, каналізаційні і теплові мережі, заглиблені резервуари, ємкості, опори, палі, інші споруди і конструкції. Для них придатні маловуглецеві й низьколеговані сталі.

До зовнішніх факторів, що визначають інтенсивність ґрунтової корозії, відносяться: склад і структура ґрунту, його вологість, хімічний склад, рН ґрунтових вод або ґрунтового електроліту, Eh, повітропроникність, питомий електричний опір. Найбільш важливим є останній показник, що залежить від вологості, складу і концентрації солей, повітропроникності, структури і т.д.

Тверда частина ґрунтів складається з мінеральних зерен різного складу, з яких найбільш активні в корозійному відношенні колоїдно-дисперсні мінерали (в основному глинисті), органічні сполуки (в основному гумус) і водорозчинні солі. Вологість ґрунтів багато в чому визначає їхні корозійні властивості: з підвищенням вологості корозійна активність ґрунтів спочатку збільшується і досягає максимуму, а потім падає внаслідок підвищення питомого електричного опору (через зменшення вологості). Найбільших значень швидкість корозії досягає при вологості 15-25 %. Ґрунтовий електроліт і ґрунтові води можуть мати різну мінералізацію. Але загально визначним фактором, що визначає корозійну активність ґрунтів, є їх рН і вміст іонів Cl⁻, SO₄²⁻ і вугільної кислоти.

Для заліза і сталей мінімальна агресивність ґрунтів спостерігається при рН = 12-14, для алюмінію – 6-7, цинку – 11,0-11,5. Максимальною є агресивність ґрунтів зі зниженим значенням рН \approx 3, що особливо характерно для болотистих і торф'яних ґрунтів. Із зовнішніх факторів слід зазначити температуру: підвищення температури ґрунтового електроліту прискорює електрохімічні процеси, промерзання ґрунту сповільнює їхнє протікання.

Для підземної корозії найбільш небезпечні мікрокорозійні пари, що виникають через неоднорідність поверхні конструкції (макрівключень, подряпин, ум'ятин, наклепу, а також зварених швів), унаслідок макроструктурної неоднорідності складу і властивостей ґрунтів, в першу чергу парціального тиску кисню в ґрунтовому електроліті. Розходження у вмісті кисню за довжиною труби обумовлені неоднаковою пористістю ґрунтів, коли є межа розділу, наприклад, пісок і глина. Це пов'язано з коливаннями глибини закладення і рельєфом місцевості. У результаті на ділянці з більш високим парціальним тиском кисню утворюється катодна зона, а на ділянці з меншим тиском – анодна зона. В анодних зонах, де утруднений доступ кисню, і відбувається руйнування стінок трубопроводу (піттингів, виразок, раковин). Досвід показує, що в більшості випадків ґрунтова корозія протікає з катодним контролем.

Швидкість корозії підземних споруд складає, мм/рік: у нейтральних ґрунтах - 0,01-0,05, у висококорозійному ґрунті – 0,05-0,2, у неаерованому ґрунті – 0,1-0,4.

Засоби захисту вибирають виходячи з даних по трасі прокладки трубопроводу і показника корозійної активності ґрунтів. На практиці використовують різні види ізоляційних покриттів. Ізоляційні покриття – це ґрунтовки, обгортання полімерною липкою стрічкою в один, два або три шари, мастика бітумно-гумова, бітумно-полімерна, обмотка із склохолстини. Покриття посиленого типу рекомендується застосовувати на магістральних трубопроводах діаметром 1020 мм і більш є на всіх трубопроводах у засоленних, болотистих і поливних ґрунтах.

Процес електрохімічної корозії будівельних металевих конструкцій можна попередити також шляхом пристроїв електрозахисту. Такий захист базується на керуванні струмами, що виникають при електрохімічній або електричній корозії металів. У цьому разі за допомогою додаткових джерел струмів компенсуються струми електрохімічних реакцій, а потенціал, при якому припиняється корозія, називається захисним, бо різниця потенціалів між

катодом і анодом дорівнює нульовому значенню ($E=0$). Для цього використовують два способи: катодний і протекторний (анодний) захист.

Схеми катодного і протекторного захисту металевих конструкцій наведено відповідно на рис. 2.2 і 2.3.

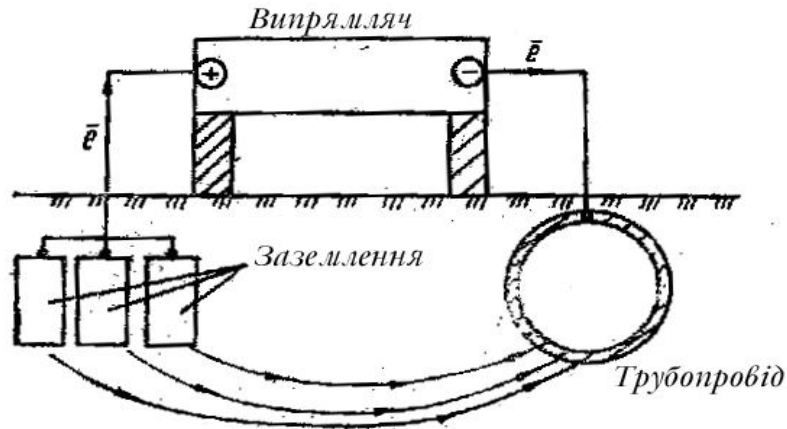


Рис. 2.2 - Схема катодного захисту металевих конструкцій

Катодний захист обов'язково передбачає наявність спеціального джерела постійного струму. До негативного полюсу джерела струму підключається конструкція, яку треба захистити, і потенціал конструкції стає катодом щодо додаткового електроду, який буде руйнуватися, захищаючи підземну конструкцію. Як додатковий електрод (анод) застосовують старі металеві рейки, труби, пластини, які з часом замінюють у міру їх руйнування.

Принцип протекторного захисту базується на тому, що електроди-протектори мають більш негативний потенціал і виконують у парі з конструкцією, яку захищають, роль анода. Протектор (3) виготовляють звичайно з цинку, алюмінію або магнієвого сплаву у вигляді пластин або циліндрів. З конструкцією, що захищають, протектор з'єднують ізольованим проводом.

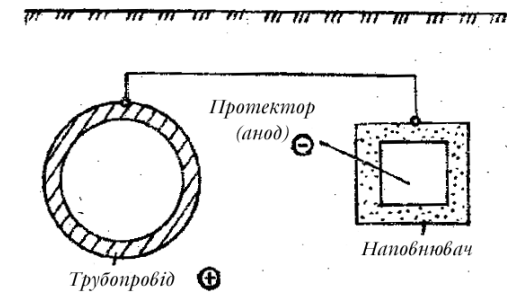


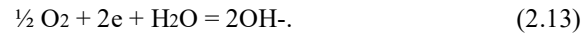
Рис. 2.3 - Схема протекторного (анодного) захисту металевих конструкцій: 1 – сталева конструкція; 2 – електропровід; 3 – протектор; 4 – активатор.

Корозія металів у рідких середовищах. У рідких середовищах експлуатується значна частина металевих конструкцій: гідротехнічні споруди й елементи їхніх конструкцій, причальні стінки морських і річкових портів, палові підвалини морських нафтопромислів, водопроводи холодної і гарячої води, трубопроводи для транспортування річкової або морської води для технічних цілей, конструкції резервуарів для зберігання і переробки різних видів води тощо.

Агресивність природних вод пов'язана з наявністю в них солей, що містять іони-активатори Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} і розчиненого O_2 . Усі ці види вод є середньоагресивними стосовно сталі й алюмінію. До особливостей морської води відноситься наявність у її складі значної кількості солей у вигляді хлоридів і сульфатів натрію і магнію, що обумовлює високу питому електричну провідність і корозійну активність. При експлуатації конструкцій у морському середовищі виділяють такі зони: зона бризу, зона припливу, неповного і повного занурення конструкцій.

Корозія в зоні бризів відноситься до атмосферної корозії і була вже нами розглянута. Однак на практиці зустрічаються більш складні ситуації, коли конструкція працює одночасно в чотирьох різних зонах. Крім того в зоні

повного занурення може відбуватися вплив мулу. Швидкість корозії найбільша на рівні 0,75 нижче і вище межі контакту з морським мулом. Ділянки, розташовані на рівні води і вище, є катодами і не піддаються руйнуванню. Роль кисню в цьому випадку подвійна. З одного боку, він служить деполаризатором катодної реакції:



З другого - кисень є пасиватором, що зрушує потенціал вуглецевих сталей і заліза до значень 0,5-1,0 В і гальмує анодний процес через утворення оксидної плівки:



Утворення карбонатних відкладень обумовлюється значенням рН, концентрацією кисню і бікарбонат-іонів та інтенсивністю перемішування. Вони сильно сповільнюють корозію.

У зонах повного занурення і бризів може спостерігатися щілинна корозія, що виникає в зазорах і щілинах унаслідок функціонування корозійних пар диференціальної аерації. У таких випадках аноди знаходяться всередині зазорів, а катодами є відкриті, добре аеровані ділянки металу поза щілиною.

Нержавіючі сталі не знаходять широкого застосування при експлуатації в морській воді, але вони виявилися стійкими в морській атмосфері. Швидкість корозії алюмінієвих сплавів у морській воді невелика, термін їх служби сягає 10 років.

У прісних водах корозія сталі відрізняється від такої у морській воді. Установлено, що м'які води більш агресивні щодо вуглецевої стали, оскільки в жорсткій воді індекс насичення частіше є позитивним. Але якщо у воді концентрація хлоридів і сульфатів перевищує 50 мг/л, то корозія спостерігається навіть при позитивних індексах насичення.

У річкових водах корозія вуглецевих сталей протікає з кисневою деполаризацією і лімітується швидкістю дифузії кисню до поверхні металу.

Поводження металів у річкових водах визначається: електричною провідністю, наявністю іонів активаторів (Cl^- , SO_4^{2-}), ступенем аерованості, карбонатною рівновагою і температурою. Температурний фактор теж впливає по-різному. Якщо в гарячій воді вміст розчиненої вуглекислоти зменшується і індекс насичення (при $T = 60$ оС) збільшується, то швидкість корозії в цілому зростає.

Виробничі й господарсько-побутові води, технологічні рідини й стічні води мають великий діапазон зміни складу і концентрації іонів, але механізм протікання процесів корозії в цих водах відповідає вищерозглянутим схемам.

Способи захисту полягають у використанні корозієстійких металів і сплавів, захисних покриттів і електрохімічного захисту (катодного і протекторного). Для водопроводів як холодної, так і гарячої води ефективною є стабілізація складу води і зниження ступеня її агресивності.

Вуглецеві сталі звичайно застосовуються в морських і річкових водах. Стійкість нержавіючих сталей у зоні бризів досить висока. Для конструкцій повного занурення застосовують багат шарові покриття з бактерицидними добавками на основі хімічностійких лаків і емалей.

У річкових водах ефективним є захист перхлорвініловими лаками. У зонах змінного рівня рекомендується покриття з ґрунтовки і до шести шарів лаку або п'яти шарів лаку, емалі або ґрунтовки. У нафтогазовій і хімічній промисловості для протикорозійного захисту труб (особливо великого діаметру) та інших конструкцій застосовують напилювання порошковими полімерними матеріалами на основі поліетилену, полівінілхлориду, фторопластів, епоксидних смол.

Лакофарбові захисні матеріали I групи застосовують для захисту несучих конструкцій з вуглецевих або низьколегованих сталей навіть у неагресивних рідких середовищах. Несучі конструкції в слабоагресивних середовищах захищають цинковими покриттями 60-100 мкм (при гарячому цинкуванні) і 120-180 мкм (при металізації), на які нанесені лакофарбові покриття I - III груп. У середньоагресивних - передбачається гаряче цинкування (60-100

мкм) або металізація (200-250 мкм) з наступним фарбуванням лакофарбовими матеріалами II – III груп і фарбуванням тільки лакофарбовими матеріалами II - IV груп.

Листову сталь і труби захищають цинковими покриттями, але м'які, кислі й лужні води руйнують цинкові покриття. Тому внутрішню поверхню резервуарів для природних вод захищають алюмінієвими покриттями.

Найбільш надійним способом захисту металоконструкцій від корозії є використання легуючих добавок, таких як хром, нікель, мідь, ванадій, молібден та ін., що сприяють пасивації металу. Так, добавка 0,5 % міді значно підвищує стійкість звичайних вуглецевих сталей шляхом утворення плівки з високими захисними властивостями. Стальні труби часто захищають плівками з інших металів. Це так зване катодне покриття, тобто покриття металом, який є більш електропозитивним щодо металу, який треба захистити.

При катодному покритті плівка захищає метал тільки механічно, а при пошкодженні відбувається прискорення процесу корозії основного металу, який є в даному разі анодом. Прикладом катодного покриття є покриття заліза оловом, луджене залізо та ін.

Анодне покриття є більш надійним. Сюди відноситься, наприклад, оцинковане залізо. Досягнення стану пасивності за допомогою анодної поляризації засноване на тому, що потенціал рівноваги реакції розчинення металу (анодний процес) має більш негативне значення, ніж такий в оксидної плівки. Щоб зменшити корозію внутрішньої поверхні труб, використовують різні інгібітори. Анодні інгібітори (Na_2Cr_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaNO_2) зменшують площу анодних ділянок шляхом утворення захисних плівок і зниження швидкості переходу іонів двовалентного заліза в розчин. Катодні сповільнювачі (гексаметафосфат натрію, триполіфосфат натрію) утворюють нерозчинні сполуки на катодів й сповільнюють поляризацію кисню, його дифузію до поверхні і розряд іона водню.

Пасивний стан настає тоді, коли метал стає заполяризованим до такого значення потенціалу, при якому почне утворюватися оксид. Це зрушення потенціалу, що призводить до пасивності, у багатьох випадках досягається в присутності досить сильного окислювача, на чому і заснована дія пасиваторів-хроматів, нітратів та ін. В обох випадках пасивація настає в результаті гальмування анодного процесу захисною плівкою, що утворюється на поверхні металу.

Для створення електрохімічної пасивності металу необхідно, щоб плівка продуктів корозії утворювалася внаслідок прямого анодного процесу, тобто безпосередньо на реагуючій поверхні. Самі продукти корозії, як результат вторинних процесів в електроліті, сталь не пасивують.

Для забезпечення надійного захисту будівельних конструкцій і споруд у рідких середовищах теж практикується катодний або протекторний захист, параметри яких наведено в табл. 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Величини потенціалів деяких матеріалів у річковій воді

Вид металу або сплаву	Захисний потенціал, В (відносно електроду порівняння)	
	водопроводного	мідно-сульфатного
Сталь	- 0,53	- 0,85
Алюміній	- 0,63	- 0,95
Цинк	- 0,88	- 1,20
Мідь та її сплави	- 0,13	- 0,45

Таблиця 2.6 – Густина струму захисту для різних конструкцій

Вид конструкції	Вид захисного покриття	Густина струму, мА/м ²
Труби, баки, резервуари	Стрічкова обмотка з ізоляційних матеріалів	0,005-0,001
Труби, резервуари	Лакофарбові покриття	0,03-0,60
Резервуари	Без захисних покриттів	30-120

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВОЇ
БУДІВЛІ, ЩО ЕКСПЛУАТУЄТЬСЯ В АГРЕСИВНИХ УМОВАХ3.1 Обстеження і оцінка технічного стану та експлуатаційної придатності
будівельних конструкцій

Будівельні конструкції ділянки естакади технологічних трубопроводів тривалий час піддавалися негативній дії навколишнього середовища, типового для території діючого металургійного підприємства, до негативних чинників слід віднести:

- систематичне замочування атмосферними опадами;
- дія технологічного пилу;
- динамічні дії від близько розташованих з/д шляхів з високою інтенсивністю руху;
- наявність просідаючих ґрунтів в основі фундаментів.

Обстеження і оцінка технічного стану і експлуатаційної придатності будівельних конструкцій естакади технологічних трубопроводів в осях I-402а, 402 (у районі аглофабрики), в осях 433-455а (в районі АБК доменного цеха) і в осях 4-7, 2-7 (у районі ТЕЦ-ПВС) в м. Запоріжжя.

Об'ємно-планувальні і конструктивні характеристики об'єкту. Будівництво обстежуваних ділянок естакади трубопроводів в осях 433-455а (у районі АБК доменного цеху) було виконане в 50-х роках минулого століття по чертежам запорізької філії інституту «Укргіпромет» (шифр проекту 10057). На цій ділянці естакада виконана у вигляді окремо розташованих опор - плоских і просторових. Плоскі опори виконані з прокатних гарячекатаних швелерів і двутаврів, які сполучені двохплощинними ґратами з гарячекатаних куткових профілів. Просторові опори виконані з гарячекатаного кутового профілю, з системою вертикальних і горизонтальних зв'язків і ґратчастими діафрагмами для

забезпечення просторової жорсткості конструкції. Спирання окремих гілок на фундамент - шарнірне.

Фундаменти - стовпчасті, на природній основі. Глибина закладення фундаментів естакади на відмітці - від -1,5 м, до -2,0 м від денної поверхні.

В процесі експлуатації на цій ділянці додавалися нові опори, виконувалося нарощування і підсилення окремих опор у зв'язку з прокладенням нових технологічних трубопроводів по ходу реконструкції агломераційного цеху комбінату.

Ділянка естакади в осях I-M проходить по колонах відкритої естакади крану, побудованої по кресленнях ГП «Укргіпромет» (шифр 12350-5KM) у 1993г. У 1995 р. за проектом Д237649-КМ, розробленому запорізькою бригадою «Укргіпромета» був виконаний монтаж кронштейнів на опорі по осі М і встановлена опора по осі 402а, а також виконане підсилення опори по осі 402. На момент обстеження в осях М- 402 змонтований трубопровід діаметром 1220мм з ходовим містком.

Ділянка естакади в осях 4-7, 2-7 (у районі ТЕЦ-ПВС) побудована на качану 90-х років минулого століття за проектом Д135849, розробленого запорізькою філією інституту «Укргіпромет». На цій ділянці естакада виконана у вигляді опор (плоских і просторових), сполучених пролітними будовами - фермами з гарячекатаних куточків, які об'єднані системою вертикальних і горизонтальних зв'язків в просторові блоки. Проліт ферм - 38...24м.

Фундаменти - стовпчасті, на природній основі. Глибина заставлення фундаментів естакади на відмітці - від -1,5м, до -2,0м від денної поверхні.

Стійкість обстежуваних ділянок естакади в поперечному напрямі забезпечується затисканням у фундаменти плоских ґратчастих опор, а в подовжньому напрямі - анкерними (просторовими) опорами.

Інженерно-геологічні умови майданчика. Згідно з інженерно - геологічними дослідженнями (шифр ДТ 341801), виконаних інститутом «Укргіпромет» в 2002г., майданчик будівництва представлений горизонтами

суглинків льосових палево-бурих, бурих, від тугопластичної до полутвердої консистенції. Льосові, палево- бурі суглинки мають різну вологість, що свідчить про неоднорідне замочування ґрунтів при інфільтрації. Ґрунти відносяться до І-го типу ґрунтових умів по просіданню.

Ґрунтові води на глибині 2,9 - 3,7м. від денної поверхні.

По хімічному складу ґрунтові води мають сульфатну агресію і є середньоагресивними по відношенню до бетону підвищеної щільності і слабоагресивні до особливої бетону. З урахуванням сезонних коливань і можливих витоків виробничих вод рівень ґрунтових вод може підвищуватися на 1,0 м, по відношенню до зафіксованого свердловинами під час буріння.

Програма робіт з обстеження включає:

1. Збір і обробка технічної документації по об'єкту обстеження.
2. Натурні обміри будівельних конструкцій, аналіз виконаних в натурі вузлів будівельних конструкцій, порівняння з проектними рішеннями.
3. Визначення міцносних характеристик матеріалів конструкцій, що мають значення для подальшого ремонту, реконструкції.
4. Складання дефектних відомостей ушкоджень будівельних конструкцій.
5. Аналіз ушкоджень будівельних конструкцій і їх класифікація відповідно до чинних нормативних документів.

Обстеження будівельних конструкцій проводилося неруйнівним методом, шляхом візуального огляду за допомогою інструментів (біноклі, щупи, лінійки, рулетки), приладів і апаратури (лазерний далекомір «Bosh», прилад для виміру міцності бетону ППС-МГ4.03, прилад для контролю арматури залізобетонних конструкцій ПА-МГ4, товщиномір ультразвуковою УТ- 98 «Скат»).

Результати обстеження будівельних конструкцій. Процес обмірних і обслідницьких робіт був виконан інститутом ГП «Гіпропром» з використанням власних архівних документів, а також з використанням проектної документації з технічного архіву ВАТ «Запоріжсталь».

В ході обмірних робіт було проведено уточнення фактичних геометричних параметрів будівельних конструкцій і їх елементів з метою визначення їх відповідності проектної документації.

Візуальне і інструментальне обстеження включало виявлення дефектів і ушкоджень, що знижують експлуатаційну придатність і несучу здатність, як окремих конструктивних елементів так і усієї споруди в цілому, з подальшою класифікацією технічного стану відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Фундаменти. Технічний стан фундаментів визначався непрямим методом, що полягає у виявленні ушкоджень, які свідчать про відносну нерівномірність сусідніх фундаментів, а саме: крен, зрушення, відхилення сталевих опор від вертикалі.

Були виявлені відхилення від вертикалі окремих опор: вісь 444 - 200...300мм; вісь 445 - 150мм; вісь 446 - 100.150мм; вісь 455а - 150...200мм. Можливою причиною цих деформацій є замочування ґрунтів основи із-за протікань водонесучих комунікацій (у цих осях проходить існуючий тунель), а також динамічні дії від поруч розташованих з/д шляхів.

Виходячи з аналізу вивчених архівних матеріалів, а також в результаті візуального огляду окремих конструкцій, технічний стан фундаментів по [34] класифіковано як ІІ (задовільний).

Опори естакади. В ході візуального обстеження опор естакади були виконані наступні види робіт:

- натурні обміри конструкцій з метою визначення і уточнення їх геометричних розмірів;
- визначення фактичної товщини металопрокату інструментальними методами, порівняння отриманих даних з проектними рішеннями;
- фіксація ушкоджень, отриманих в процесі експлуатації конструкцій.

Всього обстежені 39 шт. сталевих опор естакади (осі 402а, 402, 433-455а), а також колони відкритої естакади (2 шт.) крану в осях І-М. За результатами вимірів встановлено, що перерізи конструктивних елементів опор в

основному відповідають проекту. Перерізи конструктивних елементів опор К23 по осі 402а і К24 по осі 402 виконані з відступом від проекту Д237649-КМ, л.5,8. На момент обстеження, бази опор естакади в осях І-402а, 402 (у районі аглофабрики) і в осях 433-455а (у районі АБК доменного цеху) обетоновані на висоту 600-800мм і не доступні до огляду.

3.2 Ушкодження, що виявлені під час обстеження промислової будівлі

Виявлені ушкодження класифіковані за наступними ознаками:

- механічні ушкодження є результатом ударних дій на елементи колон автотранспортом, вантажами, що транспортуються, а також із-за використання існуючих конструкцій для підвіски блоків і спирання домкратів при проведенні ремонтних робіт.

До таких ушкоджень відносяться: локальні погнутості або викривлення усього елемента в цілому, руйнування вузлів кріплення розпірок, розкосів грат колон, вирізи в ребрах жорсткості.

- силові ушкодження - деформації стислих елементів колон, відзначаються ознаки перевантаження конструкції колон у вузлах з'єднань.

- місцеві корозійні ушкодження металу стінки, полиць колон в рівні землі.

В процесі обстеження виявлені наступні характерні дефекти і ушкодження:

- в результаті нерівномірних просідань основи накреслені опори: К11, вісь 444 на 200-300мм; К12, вісь 445 на 150мм; К13, вісь 446 на 100-150мм; К22, вісь 455а на 150-200мм;

- вирізана частина конструкції підкосу колони К- 2, траса в осях 2-7 (рисунок 3.11)

- локальні погнутості елементів опор (характерне ушкодження);

- відсутність елементів діафрагми опори К- 2, траса в осях 2-7 (рисунок 3.10);

- деформації елементів опор внаслідок механічних ударних дій;

- смалковка, размалковка профілів - характерне ушкодження (рисунок 3.12);

- руйнування зварного шва кріплення елементів до фасонки - характерне пошкодження (рисунок 3.15);

- руйнування зварних швів кріплення проміжних прокладень складених елементів конструкцій опор естакади - характерне ушкодження (рисунок 3.16);

- місцеві корозійні ушкодження металу стінки, опорної плити і полиць опор в рівні землі (рисунок 3.8, рисунок 3.24);

- скупчення ґрунту і технологічного пилю у базах опор.

Технічний стан конструкцій опор естакади що отримали ушкодження згідно [34] класифіковано як обмежено-працездатне.

Технічний стан усіх інших опор, у тому числі і колон відкритої естакади крану в осях І-М, згідно [34] класифіковано як працездатне.



Рисунок 3.1 - Характерне ушкодження - руйнування зварного шва кріплення фасонки до гілки горизонтального зв'язку пролітної будови. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 4.12, таблиця 10



Рисунок 3.2 - Характерне ушкодження - руйнування зварних швів кріплення проміжних прокладень складових елементів з куточків (нижній пояс ферми, горизонтальні зв'язки по верхніх поясах пролітної будови). Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 4.12, таблиця 10



Рисунок 3.4 - Виріз ділянки горизонтального зв'язку по верхніх поясах ферм Ф- 5 (механічне ушкодження). Недостатня довжина зварного шва кріплення зв'язки до фасонки. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, групи 4.12; 4.13, таблиця 10



Рисунок 3.3 - Руйнування зварного шва кріплення елемента траверси ферми до фасонки, ферма Ф- 4 в осях 4-5. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 4.12, таблиця 10



Рисунок 3.5 - Механічне ушкодження - погнутість вузлової фасонки ферми Ф- 5 на величину $\alpha \approx 2$. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - Б, група 6.6, таблиця 10



Рисунок 3.6 - Руйнування зварного шва вузлового з'єднання елементів вертикальний зв'язку пролітної будови до фасонки, по осі 5. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 3.1, таблиця 10



Рисунок 3.7 - Механічне ушкодження полиці опори К3, по осі 3 - погнутість $f=35\text{мм}$, $L=300\text{мм}$. Профіль траси 4-7. Категорія ушкодження по [34] - Б, група 6.2, таблиця 10



Рисунок 3.8 - Характерне ушкодження - руйнування антикорозійного покриття конструкції опори естакади. Корозія до 3% від площі поперечного перетину елементу. Категорія ушкодження по [34] - В, група 12.2, таблиця 10



Рисунок 3.9 - Механічне ушкодження розкошу грат опори К- 2, по осі 2, погнутість $f=20\text{мм}$, $L=1000\text{мм}$. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - Б, група 6.1, таблиця 10

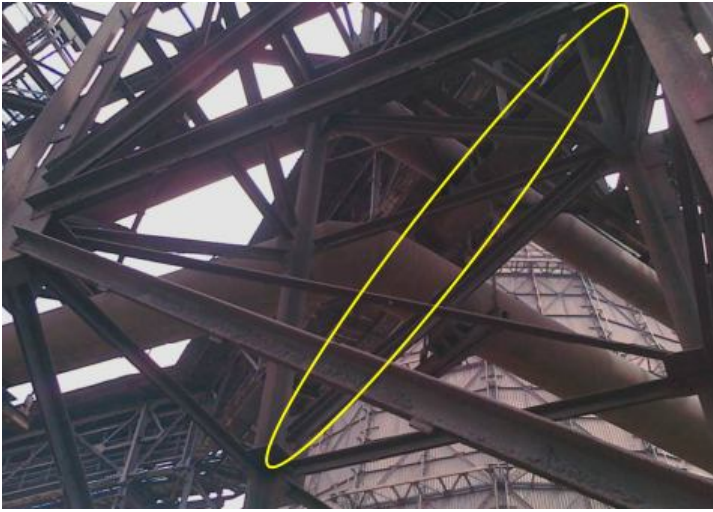


Рисунок 3.10 - Відсутність розкошу діафрагми жорсткості в опорі К- 2 по осі 2. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 1.3, таблиця 1



Рисунок 3.11 - Механічне ушкодження - виріз ділянки підкосу опори К- 2 по осі 2. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 1.1, таблиця 10



Рисунок 3.12 - Смалковка полиці куточка вертикального зв'язку підкосу опори К- 2 по осі 2, $f=10\text{мм}$, $L=200\text{мм}$. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] – В, група 6.9, таблиця 10



Рисунок 3.13 - Механічне ушкодження гілки опори з подальшим підсиленням, опора К-4а вісь 4. Профіль траси 2-7



Рисунок 3.14 - Руйнування зварного шва кріплення куточка грат опори К-4а по осі 4; смалковка полиці куточка грат опори на величину $f=20$ мм. Профіль траси 2-7. Категорія ушкоджень по [34] - А, група 4.12; Б, група 6.9, таблиця 10



Рисунок 3.15 - Руйнування зварного шва кріплення розпірки грат до опори К- 5 вісь 5. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 4.11, таблиця 10



Рисунок 3.16 - Характерне ушкодження - руйнування зварних швів кріплення проміжних прокладень складових елементів в конструкції зв'язків, опора К- 5 вісь 5. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - А, група 4.12, таблиця 10



Рисунок 3.17 - Механічне ушкодження конструкції розпірки - деформація куточка, опора К- 6 вісь 6, $L=1000$ мм, $f=20$ мм. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - Б, група 6.1, таблиця 10



Рисунок 3.18 - Виріз розкосів грат опори K8 по осі 440. Профіль траси 433-455. Категорія ушкодження по [34] - А, група 1.1, таблиця 10

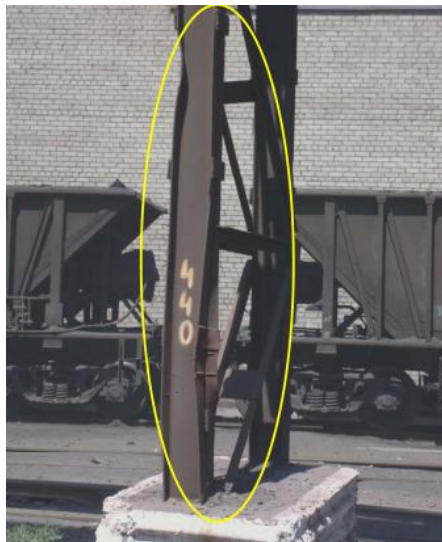


Рисунок 3.19 - Механічне ушкодження опори - погнутоість гілки і елементів грати опори K8 по осі 440 на ділянці L=2000мм. Профіль траси 433-455. Категорія ушкодження по [34] - А, група 6.1, таблиця 10



Рисунок 3.20 - Виріз підкосу опори K11 по осі 444. Профіль траси 433-455. Категорія ушкодження по [34] - А, група 1.1, таблиця 10



Рисунок 3. 21 - Виріз ділянок розкосу опори K13 по осі 446. Профіль траси 433-455. Категорія ушкодження по [34] - А, група 1.1, таблиця 10



Рисунок 3.22 - Механічне ушкодження підкосу опори K21 по осі 454 на ділянці L=1500мм. Профіль траси 433-455. Категорія ушкодження по [34] – Б, група 6.1, таблиця 10

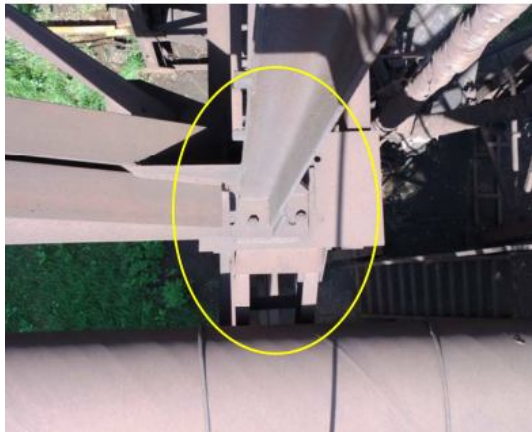


Рисунок 3.23 - Зміщення опорного вузла блоку ферм відносно проектного положення до 100мм внаслідок дефекту монтажу конструкцій, вісь 6. Профіль траси 2-7. Категорія ушкодження по [34] - В, група 9.6, таблиця 10



Рисунок 3.24 - Руйнування антикорозійного покриття опорної плити опори K22 по осі 455а. Корозія до 30% від площі поперечного перерізу елемента. Категорія ушкодження по [34] - В, група 12.2, таблиця 10

В ході обстеження пролітних будов були виконані наступні види робіт :

- натурні обміри конструкцій, порівняння з проектними даними;
- визначення фактичної товщини металопрокату інструментальними методами, порівняння отриманих даних з проектними даними;
- фіксація ушкоджень, отриманих в процесі експлуатації конструкцій.

Схема розташування пролітних будов, результати натурних обмірів конструкцій приведені на рисунках 3.25 та 3.26.

Виявлені ушкодження класифіковані за наступними ознаками:

- механічні ушкодження є результатом ударних дій на елементи грат і поясів пролітних конструкцій (ферм) автотранспортом, вантажами, що транспортуються, при виконанні будівельно-монтажних робіт, а також порушень в технології виготовлення цих конструкцій.

До таких ушкоджень відносяться: локальні погнутості або викривлення усього елемента в цілому, руйнування вузлів кріплення розпірок, розкосів вертикальних і горизонтальних зв'язків.

- силові ушкодження - деформації стислих елементів грат пролітних ферм, відзначаються ознаки перевантаження конструкції у вузлах з'єднань;

- місцеві корозійні ушкодження в наслідку скупчення пилу на елементах і руйнування лакофарбного покриття. Всього обстежені 5 шт. пролітних будов (просторових блоку), в осях 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 і по осі 7.

За результатами вимірів встановлено, що перерізи конструктивних елементів опор в основному відповідають проекту.

В ході обстеження виявлені наступні дефекти і ушкодження:

- ферми Ф4, Ф5 - зміщення опорного вузла блоку ферм відносно проектного положення до 100 мм внаслідок дефекту монтажу конструкцій (рисунок 3.23);

- ферми Ф2...Ф5 - руйнування зварних швів кріплення проміжних прокладень складових елементів конструкцій пролітної будови (у нижньому і верхньому поясі ферм, у вертикальних і горизонтальних зв'язках по нижньому і по верхньому поясу) - характерне ушкодження, дефект виготовлення конструкцій (рисунок 3.2 Додаток А);

- ферми Ф2...Ф5 - руйнування зварного шва кріплення фасонного елемента до гілки горизонтального і вертикального зв'язку - характерне ушкодження, дефект виготовлення конструкцій (рисунок 3.1);

- ферма Ф5 - вирізана частина елемента зв'язку в місці приварювання до фасонки (механічне ушкодження), недостатня довжина зварного шва, дефект монтажу конструкцій (рисунок 3.4);

- ферма Ф4 - руйнування зварного шва кріплення зв'язкового елемента траверси ферми до фасонки; погнутість вузловий фасонки - дефект монтажу конструкцій (рисунок 3.3).

Усі ушкодження зведені в дефектну відомість.

Технічний стан пролітних будов тих, що отримали ушкодження класифіковано по [34] як обмежено-працездатне.

Технічний стан усіх інших конструкцій класифікований по [34] як працездатне.

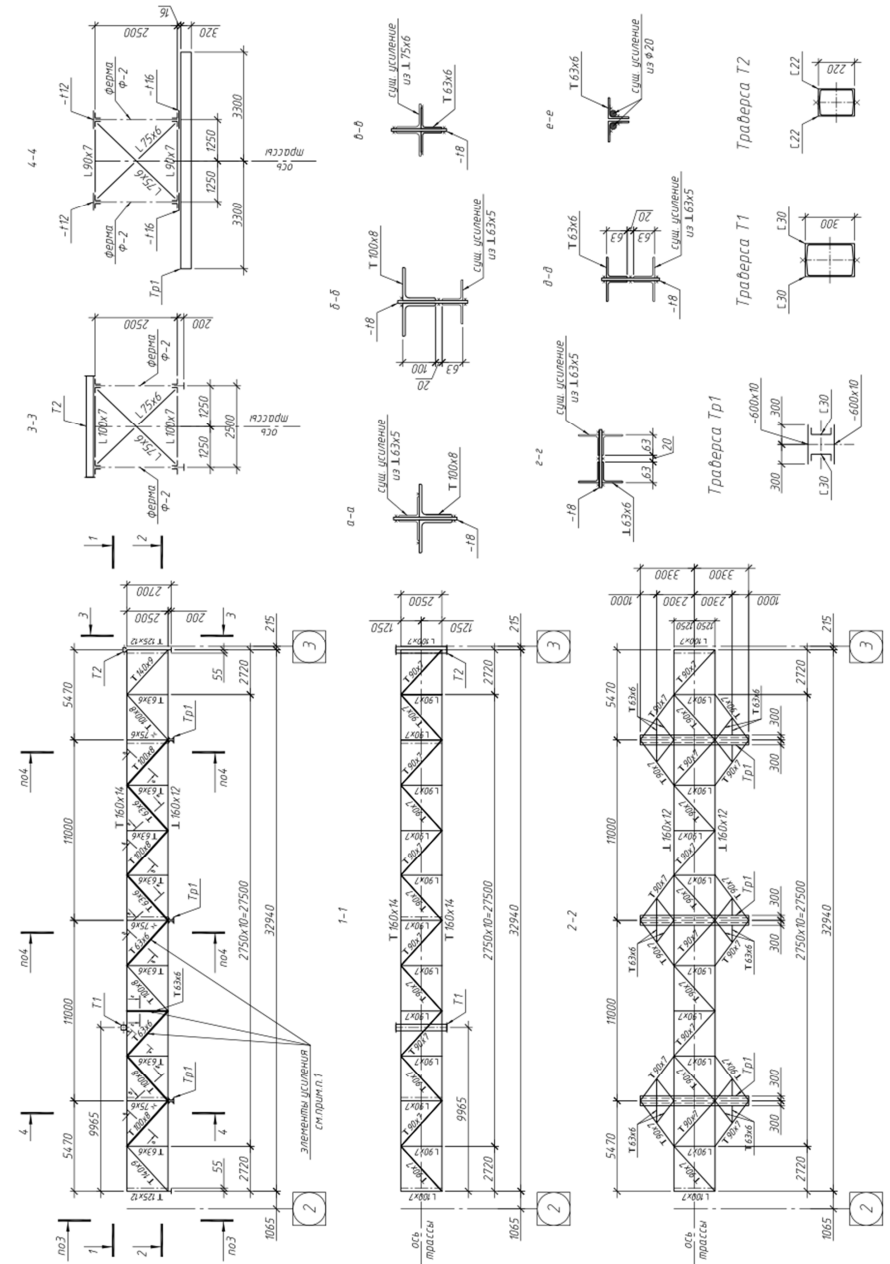


Рисунок 3.25 - Пролітна будова Ф- 7. Трава в осях 2-7

3.3 Перевірочний розрахунок конструкцій

3.3.1 Розрахунок опори

Виконання перевірочних розрахунків конструкцій естакади (опори по осі 437) на діючі і додаткові навантаження (від проєктованих газоходів).

Збір навантажень відповідно до [80].

Перевірка несучої здатності опори виконана відповідно до [34].

Розрахунок, визначення розрахункових поєднань зусиль, перевірка міцності опори здійснювалися за допомогою програмного комплексу «ЛІРА» версії 8.2.

Сніговий район - 3 (п.8, [80] ДБН В. 1.2-2:2006).

Вітровий район – 3 (п.9, [80] ДБН В. 1.2-2:2006).

Клас наслідків - СС2.

Категорія відповідальності конструкцій - А.

Матеріал конструкцій ферм: нижній і верхній пояси, опорний розкіс виконані із сталі 14Г2 по ГОСТ 5058-65, інші елементи ферм виконані із сталі ВстЗпсб по ГОСТ 380-71.

Навантаження на опору передається з ділянки траси довжиною 14,76м.

Існуючі навантаження на блок ферм:

1. Газопровід $\varnothing 920$ навантаження 0,55т на погонний метр, навантаження на опору 8,12т.
2. Трубопровід $\varnothing 159$ (2шт) навантаження 0,06т на погонний метр (від одного), навантаження на опору 0,89т.
3. Трубопровід $\varnothing 630$ навантаження 0,15т на погонний метр, навантаження на опору 2,21т.
4. Трубопровід $\varnothing 325$ навантаження 0,14т на погонний метр, навантаження на опору 2,07т.

Додаткові навантаження на блок ферм: газопровід $\varnothing 700$ навантаження 0,475т на погонний метр.

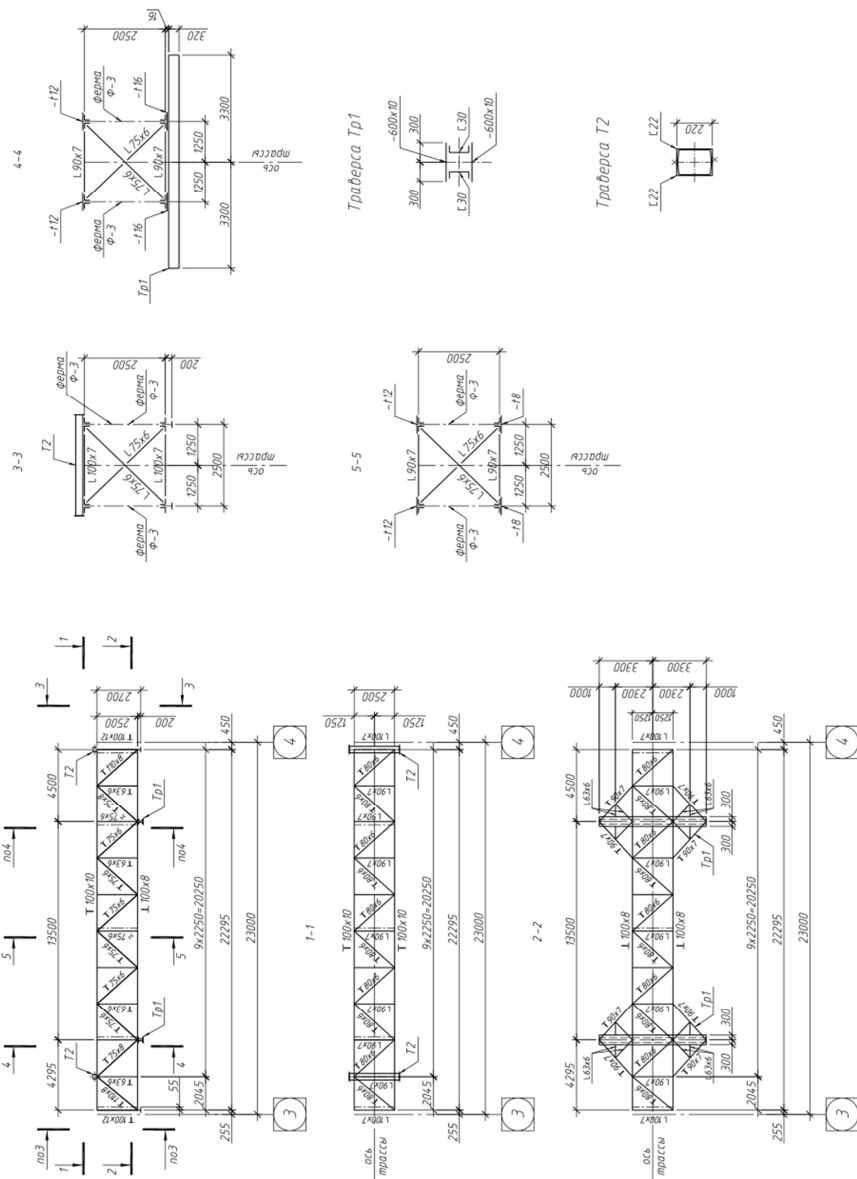


Рисунок 3.26 - Пролітна будова Ф- 3. Траса в осях 2-7

Збір вітрового навантаження

Збір вітрового навантаження на газоходи діаметром 920мм і 630мм робиться з урахуванням вимог п.9 [80] за схемою 14 додатків І.

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження.

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначається по формулі:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C \quad (3.1)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності по граничному значенню вітрового навантаження по 9.15 [80];

$W_0 = 460$ Па – характеристичне значення вітрового тиску по 9.6 [80] для м.Запоріжжя;

C – коефіцієнт, по 9.7 [80].

Коефіцієнт C визначається по формулі:

$$C = Caer \cdot Ch \cdot Calt \cdot Crel \cdot Cd \cdot Cdir \quad (3.2)$$

де $Caer = Cx$ – аеродинамічний коефіцієнт, по 9.8 [80];

Ch – коефіцієнт висоти споруди, по табл. 9.2 [80];

$Calt$ – коефіцієнт географічної висоти, по 9.10 [80];

$Calt = 1$;

$Crel$ – коефіцієнт рельєфу, по 9.11 [80];

$Crel = 1$;

$Cdir$ – коефіцієнт напрямку, по 9.12 [80];

$Cdir = 1$;

Cd – коефіцієнт динамічності, по 9.13 [80];

$Cd = 1$;

Аеродинамічний коефіцієнт:

$$C_x = k \cdot C_{x0} \quad (3.3)$$

$k=1$, коефіцієнт, визначен по таблиці 1 схеми 13 дод. І, [80];

C_{x0} – коефіцієнт, визначен по графіку схеми 13 дод. І, [80];

Для газоходів діаметром 920мм, 630мм $Ch = 1,026$.

Для газоходів діаметром 720мм $Ch = 1,122$.

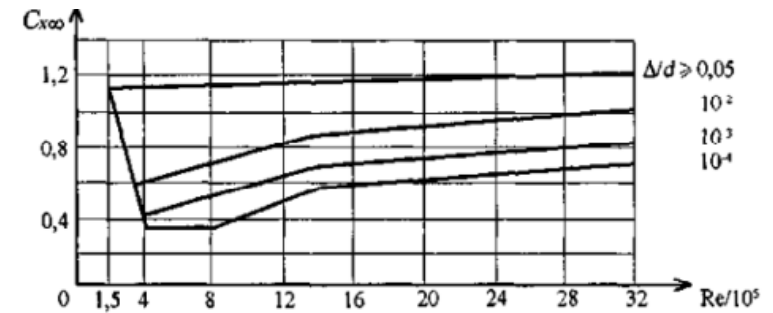


Рисунок 3.29 - Графік схеми 13 дод. І, [80];

Для поверхні сталевих конструкцій величина Δ приймається рівною 0,001м.

$$\frac{\Delta}{d} = \frac{0,001\text{м}}{2,42\text{м}} = 4,1 \cdot 10^{-4} \quad (3.4)$$

Число Рейнольдса для газоходу діаметром 920 мм, 630 мм:

$$R_e = 0,88 \sqrt{W_0} \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot 10^5; \quad (3.5)$$

$$R_e = 0,88 \sqrt{460} \cdot 1,026 \cdot 1,035 \cdot 10^5 = 19,45 \cdot 10^5;$$

Число Рейнольдса для газоходу діаметром 720 мм:

$$R_e = 0,88 \sqrt{460} \cdot 1,122 \cdot 1,035 \cdot 10^5 = 20,34 \cdot 10^5.$$

Звідси аеродинамічний коефіцієнт:

$$C_x = 1 \cdot 0,6 = 0,6;$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження на газохід діаметром 920мм, 630мм по формулі (4.1) дорівнює:

$$W_m = 1,035 \cdot 0,046 \cdot 1,026 \cdot 0,6 = 0,0293 \text{ т/м}^2;$$

Навантаження на опору від газохода діаметром 920 мм:

$$W = 0,0293 \text{ т/м}^3 \cdot 0,92 \text{ м} \cdot 14,76 \text{ м} = 0,4 \text{ т};$$

Навантаження на опору від газохода діаметром 720 мм:

$$W = 0,0293 \text{ т/м}^3 \cdot 0,63 \text{ м} \cdot 14,76 \text{ м} = 0,27 \text{ т};$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження на газохід діаметром 720 мм по формулі (4.1) дорівнює:

$$W_m = 1,035 \cdot 0,046 \cdot 1,122 \cdot 0,6 = 0,032 \text{ т/м}^2;$$

Навантаження на опору:

$$W = 0,032 \text{ т/м}^3 \cdot 0,72 \text{ м} \cdot 14,76 \text{ м} = 0,34 \text{ т}.$$

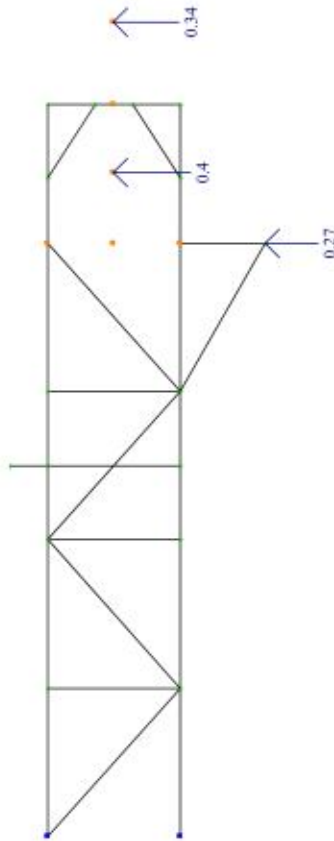


Рисунок 3.30 – Вітрове навантаження, що діє на опору естакади

Результати статичного розрахунку

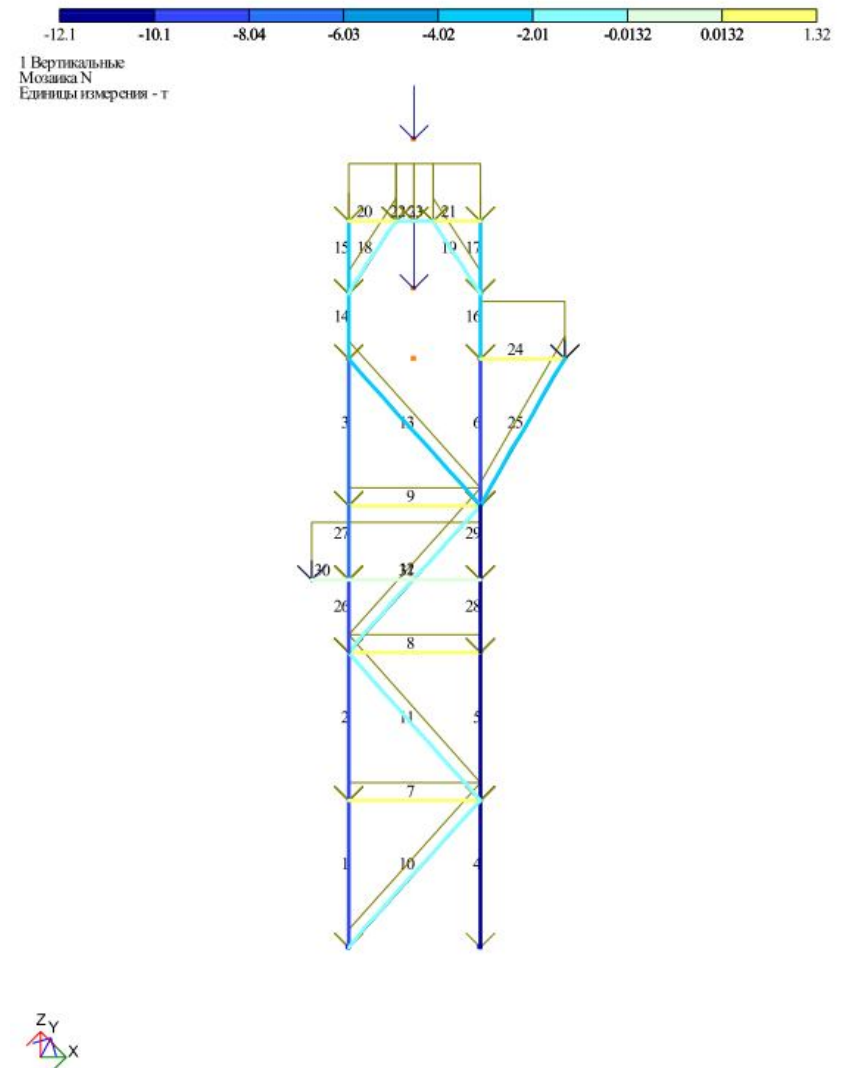


Рисунок 3.31 - Подовжні зусилля в елементах опори від вертикальних навантажень на естакаду (завантаження 1)

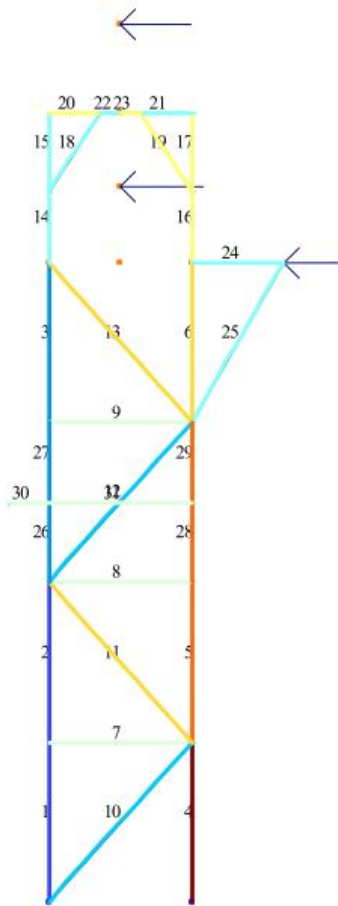
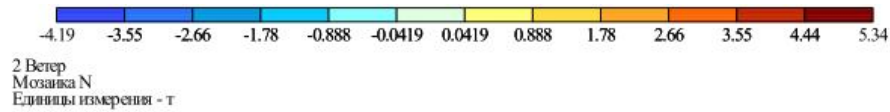


Рисунок 3.32 - Подовжні зусилля в елементах опори від вітрового навантаження (завантаження 2)

Таблиця 3.1 - Розрахункові поєднання зусиль

№ элем	№ сечен	№ столбца	Группа РСУ	Критерий	N (т)	M _y (т*м)	Q _z (т)	№№ загруз
7	1	1	A	1	0.058	0.000	0.007	1 2
7	1	1	A	13	0.056	0.000	0.007	1
7	1	1	A	33	0.053	0.000	0.007	1 2
7	2	1	A	1	0.058	0.000	-0.007	1 2
7	2	1	A	14	0.056	0.000	-0.007	1
7	2	1	A	32	0.053	0.000	-0.007	1 2
8	1	1	A	1	0.038	0.000	0.007	1 2
8	1	1	A	13	0.020	0.000	0.007	1
8	1	1	A	33	0.001	0.000	0.007	1 2
8	2	1	A	1	0.038	0.000	-0.007	1 2
8	2	1	A	14	0.020	0.000	-0.007	1
8	2	1	A	32	0.001	0.000	-0.007	1 2
9	1	1	A	1	0.261	0.000	0.007	1 2
9	1	1	A	13	0.248	0.000	0.007	1
9	1	1	A	33	0.235	0.000	0.007	1 2
9	2	1	A	1	0.261	0.000	-0.007	1 2
9	2	1	A	14	0.248	0.000	-0.007	1
9	2	1	A	32	0.235	0.000	-0.007	1 2
10	1	1	A	1	1.484	0.000	0.007	1 2
10	1	1	A	2	-1.571	0.000	0.007	1 2
10	1	1	A	13	-0.043	0.000	0.007	1
10	2	1	A	1	1.499	0.000	-0.007	1 2
10	2	1	A	2	-1.557	0.000	-0.007	1 2
10	2	1	A	14	-0.029	0.000	-0.007	1
11	1	1	A	1	1.419	0.000	0.007	1 2
11	1	1	A	2	-1.621	0.000	0.007	1 2
11	1	1	A	13	-0.101	0.000	0.007	1
11	2	1	A	1	1.434	0.000	-0.007	1 2
11	2	1	A	2	-1.607	0.000	-0.007	1 2
11	2	1	A	14	-0.086	0.000	-0.007	1
12	1	1	A	1	1.130	0.000	0.007	1 2
12	1	1	A	2	-1.796	0.000	0.007	1 2
12	1	1	A	13	-0.333	0.000	0.007	1
12	2	1	A	1	1.145	0.000	-0.007	1 2
12	2	1	A	2	-1.781	0.000	-0.007	1 2
12	2	1	A	14	-0.318	0.000	-0.007	1
18	1	1	A	2	-1.874	0.000	0.003	1 2
18	1	1	A	13	-1.403	0.000	0.003	1
18	1	1	A	31	-0.932	0.000	0.003	1 2
18	2	1	A	2	-1.865	0.000	-0.003	1 2
18	2	1	A	14	-1.394	0.000	-0.003	1
18	2	1	A	34	-0.923	0.000	-0.003	1 2
19	1	1	A	2	-1.874	0.000	0.003	1 2

Таблиця 3.1 - Розрахункові поєднання зусиль (продовження)

№ элем	№ сечен	№ столбца	Группа РСУ	Критерий	N (т)	M _y (т*м)	Q _z (т)	№№ загруз
19	1	1	A	13	-1.403	0.000	0.003	1
19	1	1	A	31	-0.932	0.000	0.003	1 2
19	2	1	A	2	-1.865	0.000	-0.003	1 2
19	2	1	A	14	-1.394	0.000	-0.003	1
19	2	1	A	34	-0.923	0.000	-0.003	1 2
1	1	1	A	2	-14.110	0.000	-0.017	1 2
1	2	1	A	2	-14.077	-0.026	-0.017	1 2
2	1	1	A	2	-14.071	-0.026	0.042	1 2
2	1	1	A	13	-9.883	-0.022	0.042	1
2	1	1	A	31	-5.694	-0.018	0.042	1 2
2	2	1	A	2	-14.038	0.039	0.042	1 2
2	2	1	A	13	-9.850	0.043	0.042	1
2	2	1	A	31	-5.662	0.047	0.042	1 2
3	1	1	A	2	-9.005	-0.036	0.038	1 2
3	2	1	A	2	-8.972	0.023	0.038	1 2
4	1	1	A	2	-17.152	0.000	-0.007	1 2
4	1	1	A	14	-6.492	0.000	-0.012	1 2
4	2	1	A	2	-17.119	-0.012	-0.007	1 2
4	2	1	A	14	-6.459	-0.020	-0.012	1 2
5	1	1	A	2	-14.771	-0.012	0.021	1 2
5	1	1	A	13	-8.668	-0.020	0.021	1 2
5	2	1	A	2	-14.739	0.021	0.021	1 2
5	2	1	A	13	-8.635	0.013	0.021	1 2
6	1	1	A	2	-9.328	-0.005	0.001	1 2
6	1	1	A	13	-7.486	-0.008	0.012	1 2
6	2	1	A	2	-9.296	-0.003	0.001	1 2
6	2	1	A	13	-7.453	0.010	0.012	1 2
13	1	1	A	2	-3.496	-0.005	0.009	1 2
13	2	1	A	2	-3.481	-0.001	-0.005	1 2
13	2	1	A	14	-0.602	-0.001	-0.005	1 2
14	1	1	A	2	-4.025	-0.257	0.652	1 2
14	2	1	A	1	-4.015	0.200	0.652	1 2
15	1	1	A	1	-2.435	0.200	-0.357	1 2
15	2	1	A	2	-2.424	-0.078	-0.357	1 2
16	1	1	A	1	-4.025	0.257	-0.652	1 2
16	2	1	A	2	-4.015	-0.200	-0.652	1 2
17	1	1	A	2	-2.435	-0.200	0.357	1 2
17	2	1	A	1	-2.424	0.078	0.357	1 2
17	2	1	A	2	-2.285	0.038	0.188	1 2
20	1	1	A	1	0.357	0.078	2.424	1 2
20	2	1	A	1	0.357	1.287	2.409	1 2
21	1	1	A	1	0.357	1.287	-2.409	1 2
21	2	1	A	1	0.357	0.078	-2.424	1 2
22	1	1	A	1	-0.652	1.287	3.977	1 2

№ элем	№ сечен	№ столбца	Группа РСУ	Критерий	N (т)	M _y (т*м)	Q _z (т)	№№ загруз
22	2	1	A	1	-0.652	2.081	3.971	1 2
23	1	1	A	1	-0.652	2.081	-3.971	1 2
23	2	1	A	1	-0.652	1.287	-3.977	1 2
24	1	1	A	1	1.094	0.141	-0.146	1 2
24	1	1	A	5	1.547	0.003	0.009	1 2
24	2	1	A	1	1.547	-0.002	-0.018	1 2
24	2	1	A	14	1.094	-0.002	-0.173	1 2
25	1	1	A	2	-2.765	-0.004	0.009	1 2
25	2	1	A	2	-2.746	0.002	-0.002	1 2
25	2	1	A	14	-2.568	0.002	-0.003	1 2
26	1	1	A	2	-11.609	0.039	-0.198	1 2
26	1	1	A	14	-7.692	0.047	-0.236	1 2
26	2	1	A	2	-11.592	-0.116	-0.198	1 2
26	2	1	A	5	-7.676	-0.139	-0.236	1 2
27	1	1	A	1	-5.188	0.151	-0.234	1 2
27	1	1	A	2	-9.028	0.120	-0.198	1 2
27	2	1	A	2	-9.012	-0.036	-0.198	1 2
27	2	1	A	14	-5.172	-0.033	-0.234	1 2
28	1	1	A	2	-14.732	0.021	-0.018	1 2
28	1	1	A	13	-8.628	0.013	0.020	1 2
28	2	1	A	2	-14.716	0.007	-0.018	1 2
28	2	1	A	13	-8.612	0.029	0.020	1 2
29	1	1	A	2	-15.080	0.008	-0.020	1 2
29	1	1	A	13	-9.053	-0.024	0.019	1 2
29	2	1	A	2	-15.064	-0.008	-0.020	1 2
29	2	1	A	13	-9.037	-0.008	0.019	1 2
30	1	1	A	14	0.000	0.000	-2.070	1
30	1	1	A	17	0.000	0.000	-2.070	1 2
30	2	1	A	2	0.000	-0.830	-2.082	1
30	2	1	A	17	0.000	-0.830	-2.082	1 2
31	1	1	A	2	0.000	-0.594	0.483	1 2
31	1	1	A	17	0.003	-0.541	0.406	1 2
31	2	1	A	1	0.000	0.052	0.441	1 2
31	2	1	A	2	0.003	-0.002	0.364	1 2

Перевірка несучої здатності елементів опори

1-е предельное состояние. Проверка. Расчет по РСУ.

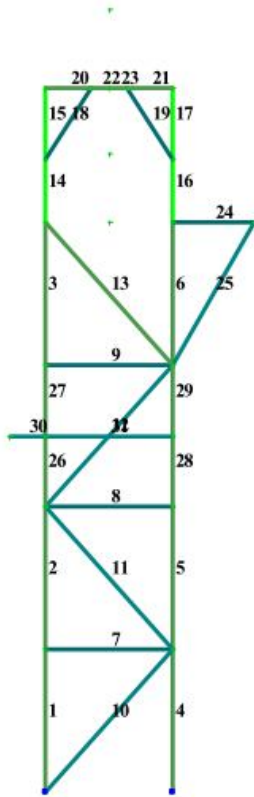


Рисунок 3.33 – Перевірка елементів опори по першому граничному стану

2-е предельное состояние. Проверка. Расчет по РСУ.

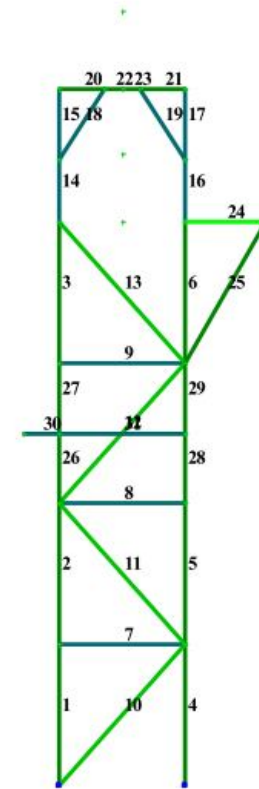
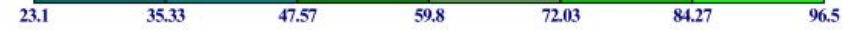


Рисунок 3.34 – Перевірка елементів опори по другому граничному стану

Местная устойчивость. Проверка. Расчет по РСУ.

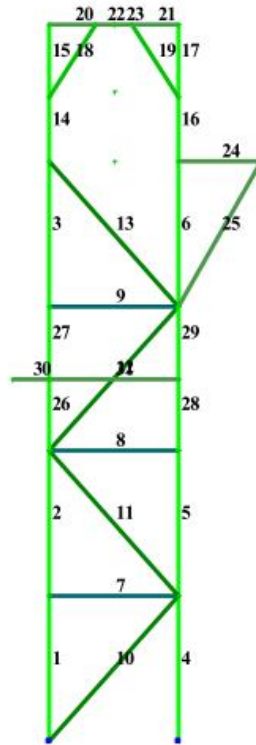
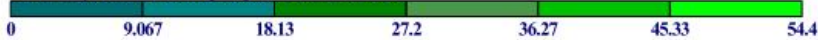


Рисунок 3.35 - Проверка місцевої стійкості елементів опори

Перевірочний розрахунок показав, що несуча здатність опори естакади, по осі 437 достатня для сприйняття існуючих навантажень і додаткових навантажень від проєктованих газоходів. Підсилення опори не потрібно.

3.3.2 Розрахунок ферм

Матеріал конструкцій ферм: нижній і верхній пояси, опорний розкіс виконан із сталі 14Г2 по ГОСТ 5058-65, інші елементи ферм виконані із сталі Вст3пс6 по ГОСТ 380-71.

Сніговий район - 3 (п.8, [1] ДБН В. 1.2-2:2006).

Вітровий район - 3(п.9, [1] ДБН В. 1.2-2:2006).

Клас наслідків - СС1.

Категорія відповідальності конструкцій - А.

Існуючі навантаження на блок ферм:

- газопровід доменного газу $\varnothing 2420$ навантаження 1,56т на погонний метр, спирається на верхній пояс ферм;

- водовід $\varnothing 820$ (2шт) навантаження 0,93т на погонний метр (від одного), підвішений до траверс по обидві сторони естакади в рівні нижнього пояса ферм;

- водовід $\varnothing 620$ (2шт) навантаження 0,56т на погонний метр (від одного), спирається на траверси по обидві сторони естакади в рівні нижнього пояса ферм;

- трубопроводи ($\varnothing < 100$ мм) навантаження 0,16т на погонний метр (від усіх трубопроводів по одну сторону естакади).

Додаткові навантаження на блок ферм :

- газопровід $\varnothing 700$ навантаження 0,475т на погонний метр.

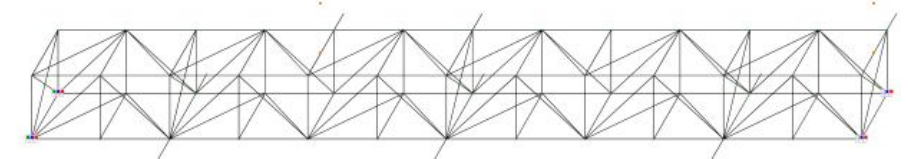


Рисунок 3.36 – Розрахункова схема ферми

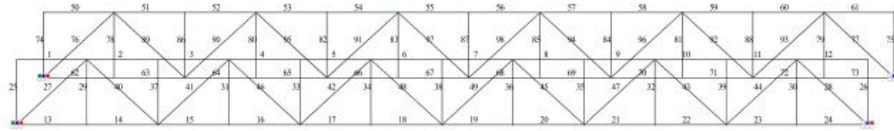


Рисунок 3.37 – Нумерація елементів ферми

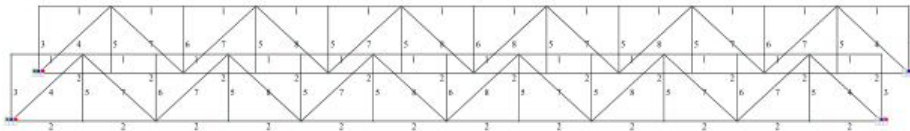


Рисунок 3.38 – Типи жорсткості елементів ферми

Типи жорсткості: 1 – ВП два кутика 160x160x14 ; 2 – НП два кутика 160x160x12; 3 – опорна стойка два кутика 125x125x12 ; 4 – опорний розкіс два кутика 140x140x9; 5 – стойка два кутика 63x63x6 , 6 – стойка крестові кутики 75x75x6, 7 – стойка два кутика 100x100x8, 8 – розкіс два кутика 63x63x6.

Збір навантажень

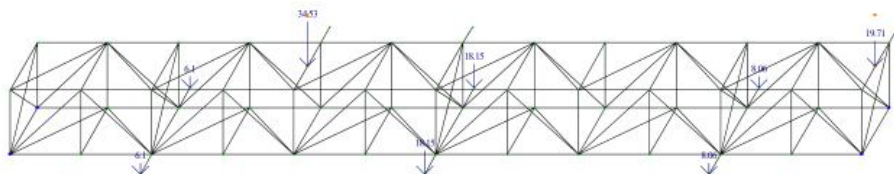


Рисунок 3.39 - Вертикальні навантаження від існуючих трубопроводів

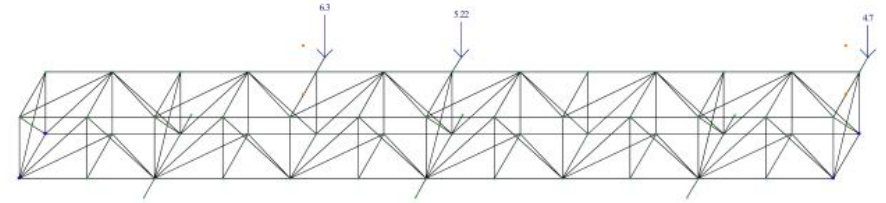


Рисунок 3.40 - Вертикальні навантаження від проєктованих трубопроводів

Збір вітрового навантаження

Збір вітрового навантаження на газохід діаметром 2420мм здійснюється з урахуванням вимог п.9 [80] за схемою 14 додатку І [34].

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження:

$$W_m = \gamma_{f_m} \cdot W_0 \cdot C \quad (3.6)$$

де γ_{f_m} – коефіцієнт надійності по граничному значенню вітрового навантаження по 9.15 [80] ;

$W_0 = 460$ Па – характеристичне значення вітрового тиску по 9.6 [80] для м.Запоріжжя ;

C – коефіцієнт, по 9.7 [80] .

Коефіцієнт C визначається по формулі:

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_d \cdot C_{dir} \quad (3.7)$$

де $C_{aer} = C_x$ – аеродинамічний коефіцієнт, по 9.8 [80] ;

C_h – коефіцієнт висоти споруди, по табл. 9.2 [80] ;

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти, по 9.10 [80] ;

$C_{alt} = 1$;

C_{rel} – коефіцієнт рельєфу, по 9.11 [80] ;

$C_{rel} = 1$;

C_{dir} – коефіцієнт напрямку, по 9.12 [80] ;

$C_{dir} = 1$;

Cd - коефіцієнт динамічності, по 9.13 [80];

$$Cd = 1;$$

Для поверхні сталевих конструкцій величина Δ приймається рівною 0,001м.

$$\frac{\Delta}{d} = \frac{0,001m}{2,42m} = 4,1 \cdot 10^{-4} \quad (3.8)$$

Число Рейнольдса для газоходу діаметром 2420 мм:

$$R_e = 0,88 \sqrt{W_o} \cdot C_h \cdot \gamma_{fm} \cdot 10^5; \quad (3.9)$$

$$R_e = 0,88 \sqrt{460 \cdot 1,375 \cdot 1,035} \cdot 10^5 = 22,52 \cdot 10^5;$$

Звідси аеродинамічний коефіцієнт:

$$C_x = 1 \cdot 0,64 = 0,64;$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження на газохід по формулі (4.6) дорівнює:

$$W_m = 1,035 \cdot 0,046 \cdot 1,375 \cdot 0,64 = 0,0418 \text{ т/м}^2;$$

Навантаження на метр погонний газоходу:

$$W = 0,0418 \cdot 2,42 = 0,101 \text{ т/м.}$$

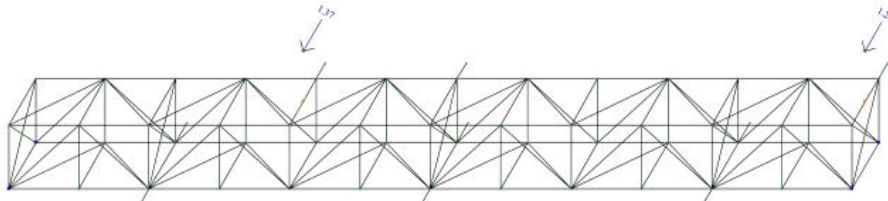


Рисунок 3.41 - Вітрове навантаження, що діє на газохід $\varnothing 2420$

Результати статичного розрахунку.

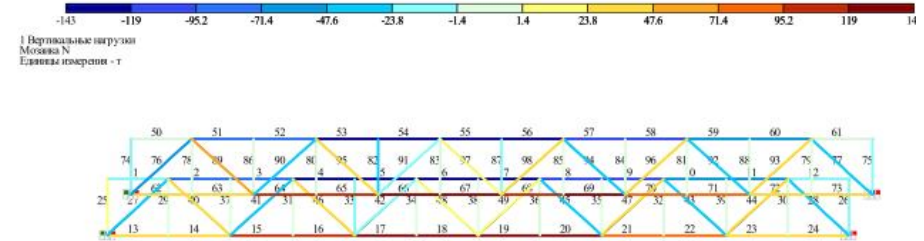


Рисунок 3.42 - Подовжні зусилля в стержнях ферм від вертикальних навантажень на естакаду (завантаження 1)

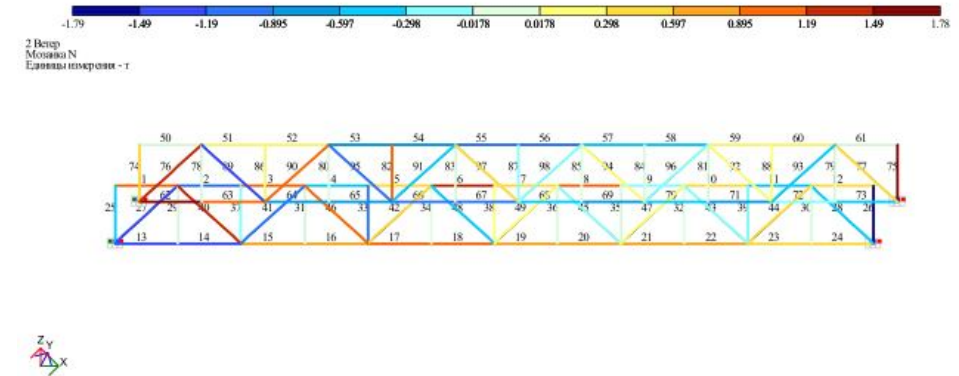


Рисунок 3.43 - Подовжні зусилля в стержнях ферм від вітрового навантаження (завантаження 2)

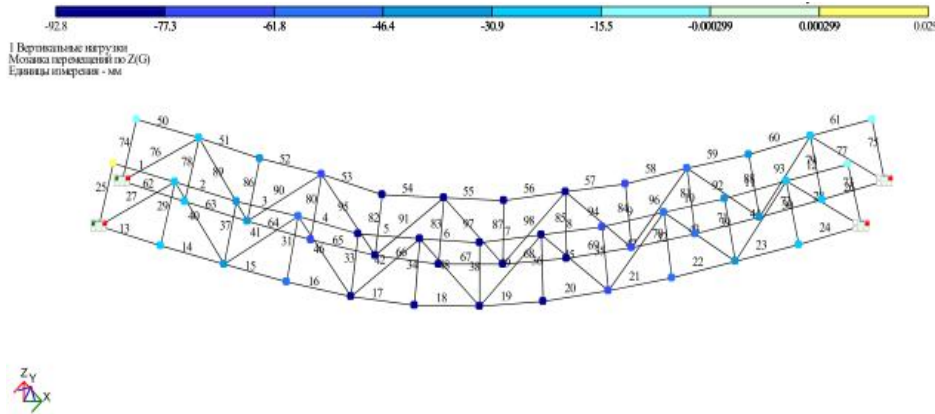


Рисунок 3.44 - Переміщення вузлів ферм від дії вертикальних навантажень на естакаду

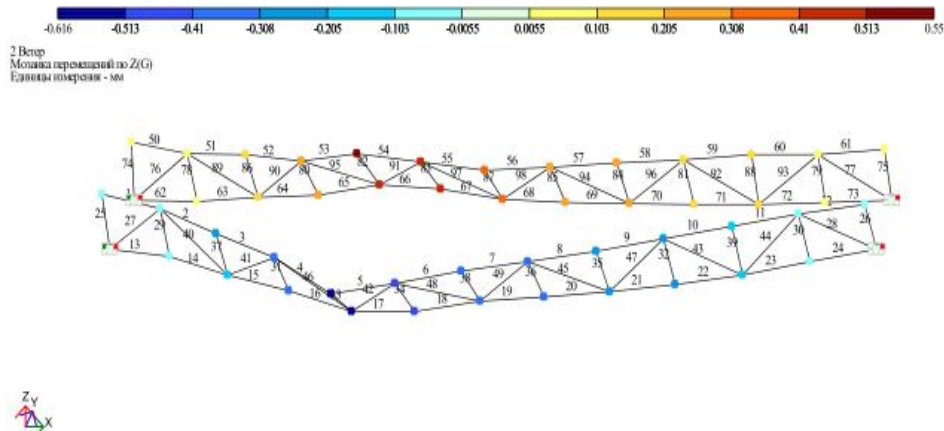


Рисунок 3.45 - Переміщення вузлів ферм від дії вітрового навантаження

Перевірка несучої здатності елементів ферми. Перевірка елементів ферм без урахування підсилення

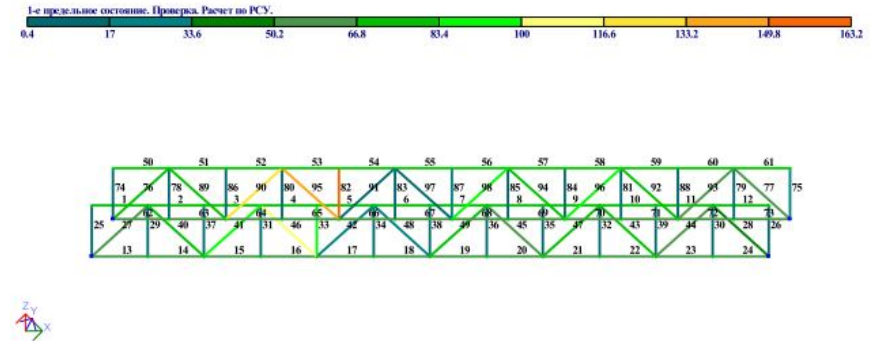


Рисунок 3.46 - Перевірка елементів ферм по першому граничному стану

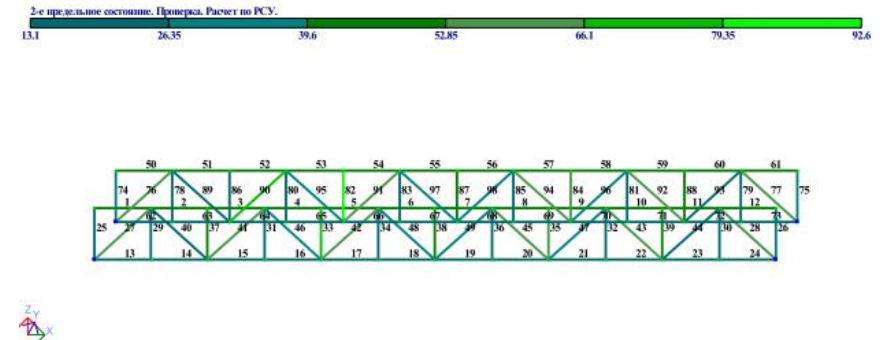


Рисунок 3.47 - Перевірка елементів ферм по другому граничному стану

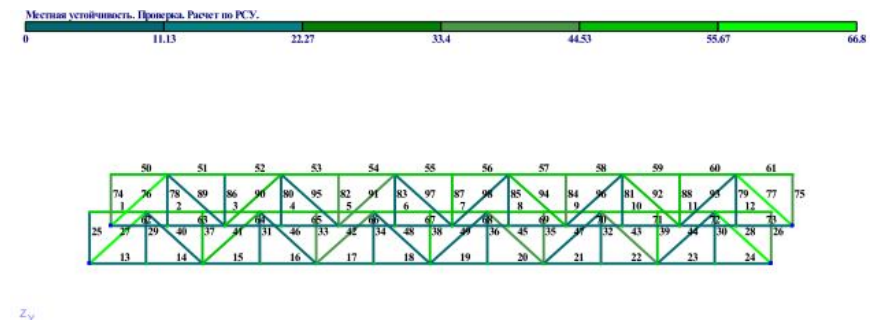


Рисунок 3.48 - Перевірка місцевої стійкості елементів ферм

Розрахунок показав, що елементи ферми №82, 90, 95, 46 не забезпечують необхідну несучу здатність по першому граничному стану при перевірці без урахування виконаного підсилення.

Перевірка елементів ферм з урахуванням виконаного підсилення

Перевірка елемента №82

Зусилля в елементі $N = -27,2\text{т}$

Довжина елемента $l = 2,5\text{м}$

Розрахунковий опір для сталі Вст3пс6 $R_y = 2450\text{кг/см}^2$.

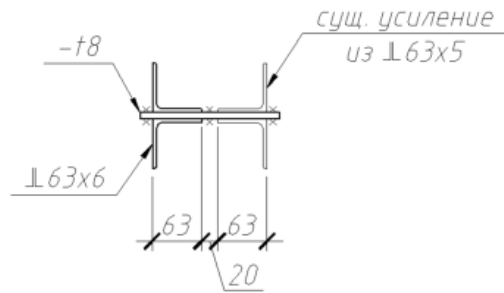


Рисунок 3.49 - Переріз елемента №82 з урахуванням підсилення

Гнучкість елемента:

$$\lambda = \frac{l}{i_{\min}}; \quad (3.10)$$

$$\lambda = \frac{250\text{см}}{2,897\text{см}} = 86,3$$

Коефіцієнт поздовжнього згину $\varphi = 0,639$

Стійкість елемента:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}; \quad (3.11)$$

$$\sigma = \frac{27200\text{кг}}{0,639 \cdot 26,82\text{см}^2} = 1587\text{кг/см}^2 \leq 2450\text{кг/см}^2 \cdot 1/1,1 = 2227,3\text{кг/см}^2;$$

Міцність елемента з урахуванням посилення по першому граничному стану забезпечена.

Перевірка елемента №90

Зусилля в елементі $N = -46,6\text{т}$

Довжина елемента $l = 3,72\text{м}$

Розрахунковий опір для сталі Вст3пс6 $R_y = 2450\text{кг/см}^2$.

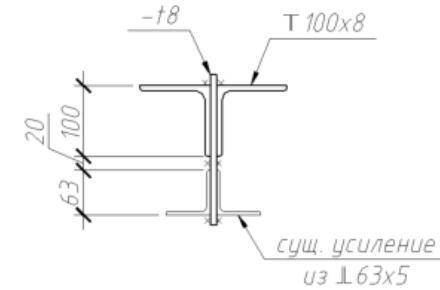


Рисунок 3.50 - Переріз елемента №90 з урахуванням підсилення

Гнучкість елемента:

$$\lambda = \frac{l}{i_{\min}};$$

(3.12)

$$\lambda = \frac{372\text{см}}{4,03\text{см}} = 92,3$$

Коефіцієнт поздовжнього згину $\varphi = 0,595$

Стійкість елемента:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}; \quad (3.13)$$

$$\sigma = \frac{46600\text{кг}}{0,595 \cdot 43,46\text{см}^2} = 1802\text{кг/см}^2 \leq 2450\text{кг/см}^2 \cdot 1/1,1 = 2227,3\text{кг/см}^2;$$

Міцність елемента з урахуванням підсилення по першому граничному стану забезпечена.

Перевірка елемента №95, №46

Елементи №95, №46 мають однакові перетини, тому виконуємо перевірку на найбільше зусилля в елементі N = 45,6т

Довжина елемента l = 3,72 м

Розрахунковий опір для сталі Вст3пс6 $R_y = 2450 \text{ кг/см}^2$.

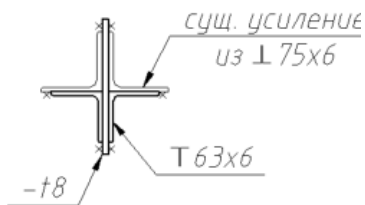


Рисунок 3.51 - Переріз елемента №95 з урахуванням підсилення

Нормальні напруження в перерізі елемента :

$$\sigma = \frac{N}{A} < \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}; \quad (3.14)$$

$$\sigma = \frac{45600 \text{ кг}}{32,12 \text{ см}^2} = 1419 \text{ кг/см}^2 < 2450 \text{ кг/см}^2 \cdot 1/1,1 = 2227,3 \text{ кг/см}^2;$$

Міцність елементів з урахуванням підсилення по першому граничному стану забезпечена.

3.4 Рекомендації щодо подальшої експлуатації об'єкту

Для забезпечення подальшої безпечної експлуатації конструкцій естакади технологічних трубопроводів в осях I-402а, 402 (у районі аглофабрики), в осях 433-455а (у районі АБК доменного цеху) і в осях 4-7, 2-7 (у районі ТЕЦ-ПВС) слід виконати наступні заходи:

1. Виконати підсилення металевих опор що отримали механічні ушкодження (прогини, вирізи елементів) відповідно до проектною документації M2542.3-КМ1;

2. Відновити відсутні елементи діафрагми жорсткості просторової опори К- 2, траси в осях 2-7 відповідно до проектною документації M2542.3-КМ1;

3. Відновити вирізану ділянку підкосу просторової опори К- 2 траси в осях 2-7, відповідно до проектною документації M2542.3-км.

4. Зруйновані зварні шви кріплення проміжних прокладень складових елементів конструкцій пролітних будов і опор необхідно відновити за допомогою струбцин, для фіксації і повного притиснення один до одного з подальшим зварюванням елементів.

5. Відновити усі зварні шви вузлових з'єднань по дефектних відомостях відповідно до вказівок, приведених в проекті M2542.3-КМ1;

6. Розчистити опорні бази опор естакади від технологічного пилу і землі. Виконати антикорозійний захист металоконструкцій відповідно до вказівок п.7;

7. Усі металеві конструкції очистити від іржі і старого лакофарбного покриття. Після очищення виконати забарвлення в чотири шари емаллю ХВ-1100 по ґрунту ХС- 068 в два шари. Загальна товщина покриття - 100мкм. Якість лакофарбного покриття повинна відповідати IV класу ГОСТ 9.032-74.

Усі роботи по ремонту, підсиленню і відновленню конструкцій виконувати на основі проектних рішень і розробленої робочої документації. Роботи виконувати в плановому порядку з обов'язковим оформленням актів «здачі-приймання» і актів на приховані роботи.

Як показують результати виконаного обстеження, виявлені дефекти і ушкодження будівельних конструкцій естакади в осях I-402а, 402 (у районі аглофабрики) і в осях 433-455а (у районі АБК доменного цеху) в основному є наслідком їх тривалої експлуатації (близько 60 років) в складних умовах діючого металургійного виробництва, при постійній дії агресивних газів, пилу і атмосферних опадів.

Характерними дефектами конструкцій на цій ділянці є:

- руйнування зварних швів кріплення ґрат плоских і просторових опор;
- прогини елементів внаслідок механічних ударів;

- руйнування і часткова відсутність лакофарбного покриття;
- загальна рівномірна корозія металевих елементів до 10%.

Характерним ушкодженням конструкцій естакади в осях 4-7, 2-7 (у районі ТЕЦ-ПВС) являються дефекти виготовлення конструкцій на заводі-виготівнику, а також допущені відхилення в процесі проведення будівельно-монтажних робіт. Так характерними дефектами конструкцій на цій ділянці є:
Для пролітних будов (блоків ферм):

- руйнування зварних швів кріплення прокладень складових елементів конструкцій (у нижньому і верхньому поясі ферм, у вертикальних і горизонтальних зв'язках по нижньому і по верхньому поясу);
- зміщення опорного вузла пролітних будов (блоків ферм) на опорах;
- руйнування і часткова відсутність лакофарбного покриття;
- загальна рівномірна корозія металевих елементів до 5%.

Для опор:

- руйнування зварних швів кріплення ґрат плоских і просторових опор;
- прогини елементів внаслідок механічних ударів;
- руйнування і часткова відсутність лакофарбного покриття;
- загальна рівномірна корозія металевих елементів до 10%.

Виходячи з вище сказаного і на основі [34] загальний технічний стан будівельних конструкцій естакади технологічних трубопроводів в осях I-402а, 402 (у районі аглофабрики), в осях 433-455а (у районі АБК доменного цеху) і в осях 4-7, 2-7 (у районі ТЕЦ-ПВС) класифікується як III (незадовільне [34] або ж не придатне до нормальної експлуатації).

При цьому конструкції естакади відповідно до [34] знаходяться в основному в працездатному і обмежено-працездатному стані, проте окремі елементи конструкцій мають категорію дефектів «А», що знижують загальну характеристику технічного стану.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Заходи щодо пожежної безпеки і захисту будівельних конструкцій від корозії

Проект розроблений в суворій відповідності з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Несучі і огорожувальні конструкції проєктованої будівлі передбачені з матеріалів, що незгорають. Ступінь вогнестійкості будівлі - IIIа. Згідно вимог ДБН В.1.1-7-2002, табл.1, 2, 4, в приміщенні трансформаторної підстанції стіни і перегородки прийняті протипожежні Пго типу, з межею вогнестійкості не менше 15 хвилин, ворота – протипожежні Пго типу, з межею вогнестійкості не менше 30 хвилин.

Вбудовані склади спецодягу і склади електротоварів і електроінструменту виконані із стінових матеріалів Пго типу, а перекриття з матеріалів Шго типу протипожежних перешкод.

Металеві балки перекриття біля яких межа вогнестійкості повинна бути R=45 хвилин захищається вогнезахисним складом «Ендотерм ХТ-150» завтовшки 2,2мм.

Приміщення складів обладнані протипожежними воротами і дверима із ступенем вогнестійкості 0,6 години.

З будівлі відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-2002, п.п.5.11, 5.12, передбачені евакуаційні виходи.

У будівлі запроєктований вихід на покрівлю по зовнішніх пожежних сходах. На покрівлі відповідно до п.6.13 ДБН В.1.1-7-2002 передбачено огорожу по периметру покрівлі.

Всі дерев'яні вироби передбачено антисептувати і покрити вогнезахисними складами.

Захист металевих конструкцій від корозії передбачено виконувати емалевими фарбами типу ХВ-124 по ґрунту ГФ-021 відповідно до вимог СНіП 2.03.011-85 «Захист будівельних конструкцій від корозії».

Враховуючи агресивні властивості ґрунтів і підземних вод в проєкті передбачено виконання бетонних і залізобетонних монолітних конструкцій каналів, приямків і фундаментів з використанням сульфатостійких цементів, а також обмазувальна ізоляція зовнішніх поверхонь гарячим бітумом за 2 рази по холодній ґрунтовці.

Стіни будівлі ззовні фарбуються кремнійорганічними фарбами типу КО-168 по ґрунтовці з шпаклівки типу ЕП-0010.

4.2 Вимоги до матеріалів і конструкцій

Конструктивну пристосованість заходів захисту від корозії потрібно забезпечувати у відповідності з вимогами цього стандарту, стандартів на конструкції конкретних типів, робочих креслень відповідно до ДСТУ Б А.2.4-15.

Матеріал конструкцій повинен прийматися відповідно до ДБН В.2.6-163, ДБН В.2.6-165 та інших чинних нормативних документів.

У будівлях для виробництв із середньо агресивними та сильно агресивними середовищами крок сталевих колон повинен бути 12 м і більше. Сталеві конструкції будівель для виробництв із сильно агресивними середовищами повинні проєктуватися із суцільними стінками.

Сталеві конструкції будівель та споруд для виробництв із агресивними середовищами з елементами із труб або із замкнутого прямокутного профілю повинні проєктуватися із суцільними швами та заварюванням торців. При цьому захист від корозії внутрішніх поверхонь допускається не робити. Застосування елементів замкнутого перерізу для конструкцій на відкритому повітрі допускається в слабо агресивних середовищах за умови забезпечення відведення води з ділянок її можливого скупчення.

Застосування металевих конструкцій з тавровими перерізами із двох кутових профілів, хрестовими перерізами із чотирьох кутових профілів, з незамкнутими прямокутними перерізами, двотавровими перерізами зі швелерів або із гнутого профілю в будівлях і спорудах із середньо-агресивними та сильноагресивними середовищами не допускається.

Не допускається проєктувати сталеві конструкції:

- будівель і споруд із середовищами середнього і сильного ступеня агресивного впливу, а також будівель і споруд, які знаходяться в слабоагресивних середовищах, що містять сірчистий ангідрид або сірководень за групою газів В - зі сталі марок 09Г2 і 14Г2;

- будівель та споруд із середньоагресивними та сильноагресивними середовищами, що містять сірчистий ангідрид або сірководень за групами газів В, С або D - зі сталі марки 18Г2АФпс.

Сталеві конструкції будівель та споруд зі слабоагресивними середовищами, що містять сірчистий ангідрид, сірководень або хлористий водень за групами газів В і С, із середньоагресивними та сильноагресивними середовищами, а також споруд при впливі середньоагресивних і сильноагресивних рідких середовищ або ґрунтів допускається проєктувати із сталі марок 12ГН2МФАЮ, 12Г2СМФ і 14ГСМФР з межею текучості не менше 588 МПа і сталі з більш високою міцністю тільки після проведення додаткових досліджень схильності сталі і зварних з'єднань до корозії від напруження в даному середовищі відповідно до ГОСТ 9.903.

Не допускається передбачати застосування алюмінію, оцинкованої сталі або металевих захисних покриттів при проєктуванні конструкцій будівель і споруд, на які впливають рідкі середовища або ґрунти з рН до 3 і понад 11, розчини солей міді, ртуті, олова, нікелю, свинцю та інших важких металів, тверді луґи, кальцинована сода або інші добре розчинні гігроскопічні солі з лужною реакцією, здатні відкладатися на конструкціях у вигляді пилу, якщо без урахування впливу пилу ступінь агресивного впливу середовища відповідає середньоагресивному або сильноагресивному.

Не допускається проектувати з алюмінію конструкції будівель та споруд із середньоагресивними та сильноагресивними середовищами при концентрації хлору, хлористого водню і фтористого водню за групами газів С і D. Сплави алюмінію марок 1915, 1925, 1915Т, 1925Т, 1935Т не допускаються до застосування для конструкцій, що знаходяться у неорганічних рідких середовищах. У проектах об'єктів, у процесі будівництва яких можливе потрапляння зазначеного пилу, рідких середовищ, а також будівельних розчинів і незатверділого бетону на поверхні алюмінієвих конструкцій, повинні бути наведені вказівки про необхідність їх видалення з поверхні конструкцій. Для алюмінієвих конструкцій при впливі середовищ охолоджуючих рідин рН не повинен бути вище ніж 8,5.

Не допускається проектувати сталеві конструкції із з'єднаннями на високоміцних болтах зі сталі марки 30ХЗМФ "селект" і заклепках зі сталі марки 09Г2 для будівель та споруд у слабоагресивних середовищах, що містять сірчистий ангідрид або сіркогідроген за групами газів В, а також будівель та споруд зі середньоагресивними та сильноагресивними середовищами.

Показники технологічної раціональності системи протикорозійного захисту конструкцій приймаються згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-186

4.3 Техніка безпеки при монтажі металевих конструкцій будівлі

На ділянці (захватке), де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт і знаходження сторонніх осіб.

При зведенні будівель і споруд не виконуються роботи, пов'язані зі знаходженням людей в одній секції (захватке, ділянці) на поверххах (ярусах), над якими робляться переміщення, установка і тимчасове закріплення елементів збірних конструкцій або устаткування.

При зведенні односекційних частин будівлі середньосортного прокатного

стану одночасне виконання монтажних і інших будівельних робіт на різних поверххах (ярусах) допускається за наявності між ними надійних (обгрунтованих відповідним розрахунком на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриттів за письмовим розпорядженням головного інженера після здійснення заходів, що забезпечують безпечне виробництво робіт, і за умови перебування безпосередньо на місці робіт спеціально призначених осіб, відповідальних за безпечне виробництво монтажу і переміщення вантажів кранами, а також за здійснення контролю за виконанням кранівником, стропальником і сигнальником виробничих інструкцій по охороні праці.

Способи строповки елементів конструкцій і устаткування забезпечують їх подання до місця установки в положенні, близькому до проектного.

Очищення конструкцій, що підлягають монтажу елементів конструкцій від бруду і пилу робиться до їх підйому.

Строповка конструкцій робиться вантажозахватними засобами, що забезпечують можливість дистанційної расстроповки з робочого горизонту у випадках, коли висота до замку вантажозахватного засобу перевищує 2 м.

Елементи монтованих конструкцій під час переміщення утримуються від розгойдування і обертання гнучкими відтяжками.

Не допускається перебування людей на елементах конструкцій під час підйому або переміщення.

Під час перерв в роботі не допускається залишати підняті елементи конструкцій і устаткування на вазі.

Розчालювання для тимчасового закріплення монтованих конструкцій як правило прикріплюють до надійних опор (фундаментам, якорям і тому подібне). Кількість розчалувань, їх матеріали і переріз, способи натягнення і місця закріплення встановлені проектом виробництва робіт. Розчалування розташовані за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин. Розчалування не торкаються гострих кутів інших конструкцій. Перегин розчалувань в місцях зіткнення їх з елементами інших конструкцій

допускається лише після перевірки міцності і стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалувань.

Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу застосовуються інвентарні сходи, перехідні містки і трапи, що мають огорожування.

Відповідальними особами не допускається перехід монтажників по встановлених конструкціях і їх елементах (фермам, ригелям і тому подібне), на яких неможливо встановити огорожування, що забезпечує ширину проходу без застосування спеціальних запобіжних пристосувань (надійно натягнутого уздовж ферми або ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного пояса та ін.).

Встановлені в проектне положення елементи конструкцій або устаткування закріплюються так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність.

Расстроповка елементів конструкцій, встановлених в проектне положення, робиться після постійного або тимчасового надійного їх закріплення.

Переміщення встановлені елементи конструкцій після їх расстроповки, за винятком випадків, обгрунтованих ППР, не допускається.

Не допускається виконувати монтажні роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше при ожеледиці, грозі або тумані, що виключає видимість в межах фронту робіт. Роботи по переміщенню і установці вертикальних панелей і подібних до них конструкцій з великою парусністю слід припиняти при швидкості вітру 10 м/с і більше.

Не допускається знаходження людей під монтованими елементами конструкцій і устаткування до установки їх в проектне положення і закріплення.

При необхідності знаходження працюючих під монтованими конструкціями, а також на конструкціях повинні здійснюватися спеціальні заходи, що забезпечують безпеку працюючих.

Навісні монтажні майданчики, сходи і інші пристосування, необхідні для роботи монтажників на висоті, встановлюють і закріплюють на монтованих

конструкціях до їх підйому.

При виробництві монтажних робіт не допускається використати для закріплення технологічного і монтажного оснащення устаткування і трубопроводи, а також технологічні і будівельні конструкції без узгодження з особами, відповідальними за правильну їх експлуатацію.

До виконання монтажних робіт встановлений порядок обміну умовними сигналами між особою, керівною монтажем, і машиністом (мотористом). Усі сигнали подаються тільки однією особою (бригадиром монтажної бригади, ланковим, такелажником-стропальником), окрім сигналу "Стоп", який може бути поданий будь-яким працівником, що помітив явну небезпеку.

Вантажопідйомність гальмівних лебідок і поліспаствів, вживаних при насуванні (пересуванні) конструкцій і устаткування, встановлена рівній вантажопідйомності тягових.

Монтаж конструкцій кожного подальшого ярусу (ділянки) будівлі або споруди робиться тільки після надійного закріплення усіх елементів попереднього ярусу (ділянки) згідно з проектом.

Навісний металеві сходи заввишки більше 5 м в деяких місцях, захищені металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріплені до конструкції або до устаткування. Під'їм робітників по навісних сходах на висоту більше 10 м допускається у тому випадку, якщо сходи обладнані майданчиками відпочинку не рідше чим через кожні 10 м по висоті.

При монтажі ділянок будівлі з декількома ярусами, кожен подальший ярус каркаса монтують тільки після установки конструкцій, що захищають, або тимчасових огорожувань на попередньому ярусі.

В процесі монтажу конструкцій або споруд монтажники знаходяться на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях або засобах підмоцування.

Монтаж сходових маршів і майданчиків будівлі середньосортного прокатного цеху здійснюють одночасно з монтажем конструкцій будівлі. На змонтованих сходових маршах негайно встановлюють огорожування.

На захватке, в якій ведеться монтаж конструкції будівлі, не допускається користуватися вантажопасажирським підйомником безпосередньо під час переміщення елементів конструкцій.

Забарвлення і антикорозійний захист конструкцій і устаткування у випадках, коли вони виконуються на будівельному майданчику, роблять, як правило, до їх підйому на проектну відмітку. Після підйому забарвлення або антикорозійний захист роблять тільки в місцях стиків або з'єднань конструкцій.

Розпаковування і розконсервація підмета монтажу устаткування робиться в зоні, відведеній відповідно до проекту виробництва робіт, і здійснюється на спеціальних стелажах або підкладках заввишки не менше 100 мм.

Укрупнительна зборка і доизготовление тих, що підлягають монтажу конструкцій і устаткування (нарізка різьблення на трубах, гнутті труб, підгонка стиків і тому подібні роботи) виконуються, як правило, на спеціально призначених для цього місцях.

В процесі виконання складальних операцій поєднання отворів і перевірка їх збігу в монтованих деталях повинні робитися з використанням спеціального інструменту (конусних оправлянь, складальних пробок та ін.). Перевіряти збіг отворів в монтованих деталях пальцями рук не допускається.

При монтажі устаткування в умовах вибухонебезпечного середовища застосовується інструмент, пристосування і оснащення, що унеможливають искрообразование.

При монтажі устаткування застосовані заходи для виключення можливості мимовільного або випадкового його включення.

При переміщенні конструкцій або устаткування декількома підйомними або тяговими засобами унеможливлено перевантаження будь-якого з цих засобів по засобом запасу потужності використовуваного механізму.

При переміщенні конструкцій або устаткування відстань між ними і частинами змонтованого устаткування або інших конструкцій, що виступають, по горизонталі не менше 1 м, по вертикалі - 0,5 м.

ВИСНОВКИ

1. Збільшення об'ємів старіючих фондів експлуатованих конструкцій вимагають, з одного боку, інтенсифікації робіт за оцінкою технічного стану, і, з іншого боку, забезпечення достовірних вимірів параметрів експлуатованих споруд для ухвалення обґрунтованих рішень по можливості і раціональності подальшої експлуатації.

2. Важливим методом оцінки показників надійності експлуатованих металевих конструкцій промислових будівель є дослідження процесу накопичення недосконалості в конструкціях на усіх етапах життєвого циклу з використанням статистичного і діагностичного методів.

3. Оцінка процесу накопичення дефектів і пошкоджень металевих конструкцій будівель і споруд та їх впливу на параметри надійності на основі моделі кумулятивного накопичення пошкоджень показала нелінійну залежність рівня надійності експлуатованих металевих конструкцій від рівня пошкодженості.

4. В залежності від ступеня критичності дефектів та ушкоджень обґрунтовані види вибіркового або безперервного контролю та визначені інтервальні значення ремонтпридатності для оцінювання рівнів ризиків при продовженні ресурсу конструкцій будівель та споруд металургійного комплексу.

5. Впровадження заходів щодо підвищення корозійної і біологічної стійкості матеріалів, покриттів і захищеності металоконструкцій від корозії, старіння і біопошкоджень в цілому дозволяє збільшити довговічність і надійність сталевих конструкцій промислових будівель, що відповідає основним завданням часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аварії на будівлях і спорудах та їх попередження. Збірник матеріалів. Перша всеукраїнська науково – технічна конференція. Київ, 1997. - 266 с.
2. Анализ видов и последствий отказов. FMEA: Пер. с англ. - Н.Новгород: СМЦ "Приоритет". - 2001. - 72 с.
3. Анализ причин обрушения зданий и сооружений. Методы усиления конструкций: Пробл. доклады. - М. - 1997. - 86 с.
4. Арасланов А.М. Расчет элементов конструкций зданий при случайных воздействиях. – М.: Машиностроение. – 1987. – 128 с.
5. Аэродинамика электросетевых конструкций /Е.В. Горохов, М.И.Казакевич, С.Н.Шаповалов, Я.В.Назим; под редакцией Е.В.Горохова, М.И.Казакевича. – Донецк. – 2000. – 336 с.
6. Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании. - М.: Стройиздат, 1988.- 584 с.
7. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М.: Наука, 1965. - 560 с.
8. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. - М.: Высшая школа. - 1982. - 231 с.
9. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание: Математический подход: Пер. с нем. - М.: Мир, 1988.- 392 с.
10. Бать А.А., Гвоздев А.А., Отставнов В.А. О классификации нагрузок в расчете строительных конструкций// Промышленное строительство. – 1971. - №2. – С.35-37.
11. Беляев Б.И., Корниенко В.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. – М.: Стройиздат, 1968. – 206 с.
12. Беляев Б.И. Статистический метод определения нормативных напряжений для стальных конструкций// Строительная промышленность. – 1957. - №8. – С.31-39.

13. Беляев Б.И. О выборе формулы для общего коэффициента надежности при вероятностном методе расчета// Строительная механика и расчет сооружений. – 1986. - №1. – С.10-13.
14. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ.-М.: Мир, 1989. - 540 с.
15. Блякьер О. Анализ нелинейных систем : Пер. с англ. - М.: Мир, 1969.
16. Богданофф Дж., Козин Ф. Вероятностные модели накопления повреждений: Пер. с англ. - М.: Мир. - 1989. - 344 с.
17. Бойко М.Д. Техническая эксплуатация зданий и сооружений: Учебное пособие. - Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1979. - 104 с.
18. Болотин В.В., Гольденблат И.И., Смирнов А.Ф. Строительная механика. Современное состояние и перспективы развития. – М.: Стройиздат. – 1972. – 191 с.
19. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций - М.:Машиностроение,1991.- 448 с.
20. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. - М.: Стройиздат, 1971. - 256 с.
21. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Ч. II: Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. – Офіц. вид. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України : Держбуд України, 2000. – 84 с. – (Нормативний документ Держбуду України).
22. Васылев В.Н., Югов А.М. Экспериментальные исследования действительной работы стропильных ферм с поясами из широкополочных тавров с искривленными элементами решетки из плоскости конструкции. Прогрессивные конструкции и материалы для строительства в условиях Донбасса. - Киев: УМК ВО, 1991. - С.18-29.
23. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука. – 1988. – 480 с.

24. Геодезические методы исследования деформаций сооружений./ А.К. Зайцев и др. - М.: Недра, 1991 - 272 с.
25. Горохов Е.В. Повышение долговечности и надежности металлических конструкций промышленных зданий и сооружений в условиях эксплуатации и реконструкции.– Научный доклад ... доктора техн. наук, Днепропетровск – 1992 г. – 90 с.
26. Е.В.Горохов. Диагностика, выявление резервов несущей способности и усиление металлоконструкций промзданий при реконструкции. - Киев КИСИ. - 1987.
27. Горохов Е.В., Казакевич М.І., Шаповалов С.М., Назім Я.В., Василев В.М., Загора С.Л., Турбін С.В., Югов А.М. Аэродинамика электросетевых конструкций. За ред. Е. В. Горохова, М.І. Казакевича. - Донецьк, 2000. - 336 с.
28. Горохов Е.В., Югов А.М., Некрасов Ю.П., Денисов Е.В. Система мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций// "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики". Материалы 9 ежегодного международного семинара-выставки. 10-14 сентября. Ялта. - Киев. - УИЦ "Наука. Техника. Технология". - 2001. - С.34.
29. Горохов Е.В., Югов А.М., Некрасов Ю.П. Мультипараметрическая система динамической диагностики строительных металлоконструкций// Техническая диагностика и неразрушающий контроль. - 2001.- № 4 -С.5-9.
30. Горохов Е.В., Муцанов В.Ф., Югов А.М., Васылев В.Н., Губанов В.В., Некрасов Ю.П., Касимов В.Р. Натурное исследование динамики осветительной опоры спорткомплекса "Олимпийский" в г. Донецке// Вісник ДонДАБА. - Випуск 2003-2(39). - Том 2. - С.60-63.
31. Губанов В.В., Пчельников С.Б. Вопросы эксплуатации зданий и сооружений с учетом современных норм и требований// Вестник ДонГАСА. Строительные конструкции, здания и сооружения. - 2002. - №2(33). - С.79-81.

32. Гуров С.В., Уткин Л.В. Надежность систем при неполной информации. – СПб: Любавич. – 1999. – 160 с.
33. Гусев А.С. Сопротивление усталости и живучесть конструкций при случайных нагрузках.- М.:Машиностроение,1989. - 248 с.
34. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації - Держбуд України. - К.: Укрархбудінформ. - 1995. - 46 с.
35. ДБН В.1.2-96. Загальні принципи забезпечення надійності і безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: 1997. – 40 с.
36. ДБН (проект, перша редакція) Ремонт та підсилення несучих будівельних конструкцій та основ промислових будівель і споруд.— К.: НДІБВ, 1988.
37. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия: Справочник проектировщика/ Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. - М.: Стройиздат, 1981. - 215 с.
38. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций: Справочник проектировщика/ Под ред. Б.Г. Коренева, А.Ф. Смирнова. - М.: Стройиздат, 1986. - 461 с.
39. Добромислов А.Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений// Промышленное строительство, 1990. - №9. - С.9-10.
40. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции/ Горохов Е.В., Брудка Я., Лубиньски М., Зюлко Е., Королев В.П./ Под ред. Е.В. Горохова. - М.: Стройиздат, 1994. - 488 с.
41. Документація. Звіти у сфері науки і техніки: Структура і правила оформлення: ДСТУ 3008-95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 37 с. – (Національні стандарти України).
42. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. - Київ: Держстандарт України. - 1995. - 38 с.
43. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. -Київ: Держстандарт України. - 1996. - 24 с.

44. ДСТУ Б В.2.6-10-96 “Конструкції сталеві будівельні. Методи випробування навантаженням”- К.: Держбуд України. - 1997. - 19 с.
45. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам: Гост 2.105-95. – [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 28 с.
46. Ермак Е.М. Действительная работа и расчетные модели стальных каркасов промышленных зданий. - Макеевка: ДонГАСА. - 2002. - 189 с.
47. Ермак Е.М., Литвинов М.И., Семенец Г.Я. Экспериментальное изучение действительной жесткости узлов поперечных рам одноэтажных промышленных зданий// Межвузовский сборник научных трудов “Надежность в строительстве и реконструкция железнодорожных зданий и конструкций” ДИИТ. - Днепропетровск, 1990.
48. Ермак Е.М. Уточнение расчетных предпосылок для оценки эксплуатационной надежности строительных конструкций// Межвузовский сборник научных трудов “Повышение долговечности строительных конструкций железнодорожного транспорта” вып. 870. МИИТ. - М. - 1992.
49. Ермак Е.М. Уточнение жесткости опорных и узловых связей рамных конструкций на основе натуральных испытаний// Межвузовский сборник научных трудов “Вопросы обеспечения экономичности и эксплуатационной надежности конструкций транспортных сооружений” вып. 21. - ХИИТ. Харьков. - 1993.
50. Ермак Е.М., Кириченко М.А., Семенец Г.Л. Анализ работы поперечных рам стального каркаса промышленных зданий при локальных воздействиях// Межвузовский сборник научных трудов “Создание новых композиционных материалов, повышение эксплуатационной надежности и сроков службы конструкций и сооружений на железнодорожном транспорте” вып. 26. ХарГАЖТ. Харьков. - 1995.
51. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов / Байков В.Н., Сигалов Э.Е. – М., Стройиздат, 1991. – 767 с.
52. Залізобетонні конструкції: Підручник / А. Я. Барашиков, Л. М. Буднікова,

- Л. В. Кузнецов та ін. За ред. А. Я. Барашикова.- К.: Вища школа, 1995. - 591 с.
53. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. ДБН В.1.2-14:2009. – [Дійсний від 2009-01-01]. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 102с. – (Національні стандарти України).
54. Иориш Ю.И. Виброметрия. - М.: Машгиз, 1963.
55. Казакевич М.И., Кулябко В.В. Введение в виброэкологию зданий и сооружений. - Днепропетровск: ПГАСА, 1996. - 200 с.
56. Кінаш Р.І. Методи нормування тимчасових навантажень та оцінювання надійності будівельних конструкцій за умов неповної інформації: Дис... д-ра техн. наук: 05.23.01/ Київський НУБА. - Київ., 2000. - 508 с.
57. Кінаш Р.І., Бурнаєв О.М. Динамічні характеристики вітрового навантаження приземного шару у західному регіоні України // Вестник ДонГАСА.– Макеевка.– 2001.– № 2001 – 4(29).–Т. 1 – С.54-65.
58. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс. - М.: 1964.
59. Киселев В.А. Строительная механика: Спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений. - М.: Стройиздат, 1980. - 616 с.
60. Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений: Пер. с англ. - М.: Стройиздат, 1979. - 320 с.
61. Клепиков Л.В., Отставнов В.А. Определение нагрузок при расчете строительных конструкций// Строительная механика и расчет сооружений. – 1962. - №5. – С.4-13.
62. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени.- М.: Машиностроение, 1977.- 232 с.
63. Конструкції будинків і споруд: Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.: ДБН В.2.6-98:2009. - [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2006. – 98 с. – (Національні стандарти України).

64. Королев В.П. Конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы долговечности стальных конструкций в коррозионных средах - Дис. ... доктора техн. наук, Киев 1995 г. – 413 с.
65. Кулябко В.В. Развитие динамических моделей, расчетов и испытаний составных строительных конструкций и сооружений: Дис... д-ра техн. наук: 05.23.01/Приднепровская ГАСА. - Днепропетровск., 1998. - 368 с.
66. Кулябко В.В. Применение динамических расчетов и испытаний при обследовании различных сооружений// Труды Междунар. конф. “Металло-строительство-96: Состояние и перспективы развития”. - Под ред. Е.В. Горохова. - Том. 2. - Донецк-Макеевка. - 1996. - С.32-33.
67. Кулябко В.В. Рекомендации по созданию динамических моделей сложно-составных сооружений// Вісник Академії: Наук. та інф. бюл. - Дніпропетровськ: ПДАБА. - 1997. - № 3. - С.40-47.
68. Кулябко В.В. Проблемы и принципы моделирования работы зданий и сооружений при динамических нагрузках// Вісник ДонДАБА. Будівельні конструкції, будівлі та споруди. - 2001. - №4(29). - Том.1. Вплив вітру на будинки та споруди. - С.31-35.
69. Лапа В.Г. Методы предсказания и предсказывающие системы. - К.: Вища школа. - 1980. - 184 с.
70. Ларичев О.И., Мечитов А.И., Мошкович Е.М., Фуремс Е.М. Выявление экспертных знаний. - М.: Наука, 1989. - 128 с.
71. Лужин О.В. и др. Обследование и испытание сооружений: Учебное пособие. - М.: Стройиздат, 1987. - 263 с.
72. Лужин О.В. Вероятностные методы расчета сооружений. - М.: МИСИ им. В.В.Куйбышева. - 1983. - 124 с.
73. Лужин О.В., Злочевский А.Б., Горбунов И.А., Волохов В.А. Обследование и испытание сооружений. - М.: Стройиздат. - 1987. - 263 с.
74. Мастаченко В.Н. Надежность моделирования строительных конструкций. - М.: Стройиздат. - 1974. - 120 с.

75. Мельников Н.П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. - М.: Стройиздат, 1983.- 543 с.
76. Мельников Н.П. Пути прогресса в области металлических конструкций. - М.: Стройиздат, 1974.
77. Мельников Н.П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. - М.: Стройиздат, 1983. - 543 с.
78. Металлические конструкции. В 3 т. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика)/ Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В. и др. Под ред. В.В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ. – 1998.
79. Металлические конструкции: Спец. курс / Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий, Г.С. Ведеников и др. / Под общ. ред. Е.И. Беленя. - 2-е изд. - М.: Стройиздат, 1982. - 472 с.
80. Навантаження та дії: норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – [Дійсний від 2006-01-01]. – Офіц. вид. – К.: ДП «Укрархбудінформ» : Мінрегіонбуд України, 2006. – 78 с. – (Національні стандарти України).
81. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 286 с.
82. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность). - М.: Сов. радио. - 1977. - 216 с.
83. Николаев А.Ф. Снеговая нагрузка на сооружения// Строитель. - 1935. - №10. - С.4-13.
84. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. - К., 1997 р. - 145 с.
85. ОРД 00.000-89. Техническая эксплуатация стальных конструкций производственных зданий - Минчермет СССР. - М.: 1989.
86. Орешкин С.В. Надежность металлических конструкций при регулировании их функций// Исследование методов расчета эффективных строительных конструкций: Сб. тр. МИСИ. - 1988. - С.43-49.

87. Орешкин С.В. Системный подход к оценке показателей надежности металлических конструкций// Строительная механика и расчет сооружений. - 1991. - №3. - С.82-87.
88. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10:2009. – [Чинний від 2009-02-01]. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. – (Національні стандарти України).
89. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. - К.: 1999. - 185 с.
90. Пашинський В.А. Методологія нормувань навантажень на будівельні конструкції: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.23.01/ Полтавський ДТУ ім. Ю.Кондратюка. - Полтава., 1999. - 33 с.
91. Переверзев Е.С. Надежность и испытания технических систем. - К.: Наукова думка. - 1990. - 328 с.
92. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. - К.: Изд-во УкрНИИпроектстальконструкции, 1999. - 216 с.
93. Перельмутер А.В. Нормативное обеспечение для стальных конструкций// Металлические конструкции. - 1998. - Том. 1. - №1. - С.11-16.
94. Перельмутер А.В. Проблемы оценки надежности эксплуатируемых металлоконструкций в связи с реконструкцией зданий и сооружений// Респ. межвед. сб. науч. трудов. - Вып.14. - К.: 1988. - С.52-59.
95. Перельмутер А.В. О сроках проведения и эффективности обследования технического состояния эксплуатируемых конструкций// Респ. межвед. сб. науч. трудов. - Вып.16. - К.: 1989. - С.8-12.
96. Перельмутер А.В. Эксплуатационная надежность конструкций зданий и сооружений и нормы проектирования при реконструкции. - К.: Общество "Знание". - 1991. - 20 с.
97. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. - К.: ВПП "Компас". - 2001. - 448 с.

98. Писаренко Г.С. Колебания механических систем с учетом несовершенной упругости материала. - К.: Наук. думка, 1970. - 380 с.
99. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий: Дис... д-ра техн. наук: 05.23.01/ Полтавский ИСИ. - Полтава., 1993. - 510 с.
100. Пичугин С.Ф., Северин В.О. Особенности імовірного розрахунку елементів на вітрове навантаження// Вісник ДонДАБА. Будівельні конструкції, будівлі та споруди. - 2001. - №4(29). - Том.1. Вплив вітру на будинки та споруди. - С.91-96.
101. Пичугин С.Ф. Случайные параметры ветровой нагрузки// Вісник ДонДАБА. Будівельні конструкції, будівлі та споруди. - 2001. - №4(29). - Том.1. Вплив вітру на будинки та споруди. - С.28-32.
102. Пичугин С.Ф., Чичулин В.П. Снижение материалоемкости статически неопределимых конструкций за счет применения в расчетах методов теории надежности// Снижение материалоемкости и трудовых затрат в строительстве: Сб. науч. трудов. - К.: УМК ВО. - 1991. - С.60-65.
103. Пичугин С.Ф. Развитие расчета надежности - важное направление совершенствования металлоконструкций// Труды Междунар. конф. "Теория и практика металлических конструкций" / Ред. колл.: Горохов Е.В., Королев В.П., Югов А.М., Колесниченко С.В. - Том 2. - Донецк-Макеевка, 1997. - С.3-6.
104. Пичугин С.Ф. Актуальные задачи исследований надежности металлических конструкций// Труды VI-й Украинской научн.-техн. конф. "Металлические конструкции". - Киев-Николаев, 1996. - С.11-12.
105. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий - А.И. Кикин, А.А. Васильев, Б.Н. Кошутин и др. – М.: Стройиздат, 1984. – 301 с.
106. Повышение надежности и долговечности электросетевых конструкций/ Под ред. Е.В. Горохова. - К.: Техніка. - 1997. - 284 с.

107. Подольский В.Г. Вибрация конструкций при сухом трении между элементами. - Харьков, 1970.
108. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / УкрНИИпроектстальконструкция. - М.: Стройиздат, 1989. - 160 с.
109. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к главе СНиП II-23-81*) - УкрНИИпроектстальконструкция. - М.: Стройиздат, 1989.
110. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.97 № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд і інженерних мереж»
111. Постанова Кабінету міністрів України від 22 серпня 2000 р. N 1313 Київ, «Про затвердження Програми запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру на 2000 - 2005 роки з метою комплексного розв'язання проблем захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, в інтересах безпеки окремої людини, суспільства, національного надбання і довкілля.»
112. Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель та споруд (Затверджено Наказом Держбуду України та Держнаглядохоронпраці України від 27.11.1997 р. № 32/288) - К.: НДІБВ, 1998.
113. Прогини і переміщення : ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Дійсний від 2007-01-01]. – Офіц. вид. – К.: ДП «Укрархбудінформ»: Мінрегіонбуд України, 2006. – 10с. – (Національні стандарти України).
114. Пожежна безпека об'єктів будівництва.: ДБН В.1.1.7–2002 – [Дійсний від 2003-01-05]. – Офіц. вид. – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с. – (Національні стандарти України).
115. Покриття будівель і споруд.: ДБН В.2.6.-14–95 – [Дійсний від 1998-01-01]. – Офіц. вид. – К.: Держбуд України, 1998. – 98 с. – (Національні

- стандарти України).
116. Ржаницын А.Р. К проблеме расчета сооружений на безопасность//: Вопросы безопасности и прочности строительных конструкций: Сб. науч. трудов. - М.:ЦНИПС. - 1952. - 178 с.
117. Ржаницын А.Р., Сухов Ю.Д. Учет совместного действия нагрузок на сооружения// Строительная механика и расчет сооружений. - 1974. - №4. - С.40-43.
118. Ржаницын А.Р. Экономический принцип расчета на безопасность// Строительная механика и расчет сооружений. - 1973. - №3. - С.3-5.
119. Рябинин И.А., Черкесов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. - М.: Радио и связь. - 1981. - 264 с.
120. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. - М.: Стройиздат, 1972. - 111 с.
121. Саульев В.К. Статистическое моделирование: Метод Монте-Карло .- М.: МАИ, 1974.- 67 с.
122. Сахновский М.М. Обеспечение надежности стальных конструкций при эксплуатации промышленных зданий// Исследование надежности металлических конструкций: Сб. науч. трудов. - М.: ЦНИИСК. - 1979. - С.113-117.
123. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2012. – [Чинний від 2012-07-01]. – К.:Держстандарт України, 2012. – 29 с. – (Національні стандарти України).
124. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.: ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-01-24]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 75 с. – (Національні стандарти України).
125. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації.: ДСТУ Б А.2.4-4:2009. – [Чинний від 2009-01-24]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 70 с. – (Національні

- стандарти України).
126. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання спеціфікації обладнання, виробів і матеріалів.: ДСТУ Б А.2.4-11:2009. – [Чинний від 2009-01-24]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 12 с. – (Національні стандарти України).
127. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.: Основні положення: ДБН А.3.2-2-2009. – [Чинний від 2012-04-01]. – К.: Держстандарт України, 2012. – 94 с. – (Національні стандарти України).
128. Сеницын А.П. Расчет конструкций на основе теории риска. - М.: Стройиздат. - 1985. - 304 с.
129. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні/ А.В.Перельмутер, В.М.Гордеев В.М., Є.В.Горохов та ін. За ред. А.В.Стрелецкий Н.С. Избранные труды. - М.: Стройиздат. - 1975. - 463 с.
130. Стрелецкий Н.С. К вопросу развития методики расчета по предельным состояниям. - М.: МИСИ. - 1971. - 58 с.
131. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности конструкций. - М.: Госстройиздат. - 1947. - 94 с.
132. Стрелецкий Н.Н. Первоочередные вопросы развития методики предельных состояний// Развитие методики расчета по предельным состояниям. - М.: Стройиздат, 1971. - С.87-95.
133. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений/ А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лашеников, Н.Н. Шапошников. - М.: Стройиздат, 1984. - 416 с.
134. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле: Пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1985. - 472 с.
135. Хан Т.Г., Шапиро Ю.А. Статистические модели в инженерных задачах: Пер. с англ. - М.: Мир. - 1969. - 396 с.
136. Хоциалов Н.Ф. Запасы прочности// Строительная промышленность. - 1929. - №10. - С.840.

137. Цифровая фотограмметрия. Обзор программных средств//ГИС-Обозрение. – № 1. – 1998. – С.10-15.
138. Чирков В.П. Основы теории расчета ресурса железобетонных конструкций// Бетон и железобетон. - 1990. - №10. - С.35-36.
139. Чирков В.П., Иосилевский Л.И. Проблема безопасности и расчеты конструкций в стадии эксплуатации// Транспортное строительство. - 1991. - №9. - С.29-30.
140. Шапиро Г.А. Действительная работа стальных конструкций промышленных цехов. - М.-Л.: Госстройиздат. - 1952. - 287 с.
141. Шимановский В.Н. Металлические конструкции. Нормативная база. Совершенствование конструкций зданий и сооружений// Металлические конструкции. - 1998. - Том.1. - №1. - С.21-26.
142. Шимановський О.В., Гордеев В.М., Микитаренко М.О., Оглобля О.І., Перельмутер А.В., Горохов Є.В., Денисов Є.В., Корольов В.П., Югов А.М. Аналіз технічного стану та проблем експлуатації будівельних металевих конструкцій в Україні. Будівництво України. - 2001. - № 3. - С. 18-24.
143. Ягмур А.А. Обстеження та випробування несучих конструкцій будівель та споруд. Навчальний посібник. – К.: Інститут змісту і методів навчання, 1997.-160 с.
144. Bennet R.M., Ang A.H.-S. Formulations of Structural System Reliability// Journ. of Engineering Mechanics. - 1981. - vol. 112. - №11. - P.1135-1151.
145. Berg D. E. and. Robertson P.J. Precise Time Synchronization Data Acquisition with Remote Systems// Proc. International Telemetry Conf., San Diego (US). - 1998. . – CD-rom.
146. Chang W.L., Dong W.M., Wong F.S. A Comparative Study of Probabilistic and Fuzzy Set Methods// Probabilistic Engineering Mechanics. - №2(2). - 1987. - P.82-91.
147. Chopra A. Dynamic of Structures. - Prentice-Hall. - Inc. Englewood Cliffs. - New Jersey. - 1995.
148. Clough I.R. and Penzien J. Dynamic of Structures. - McGraw-Hill. - 1993.

149. Cornell C.A. Bounds on the Reliability of Structural System// Journ. of Struct. Div. - ASCE. - Vol. 93. - No. St1. - 1967. - P.171-200.
150. Crandall S.H. Non-Gaussian closure for random vibration of non-linear oscillators// Non-Linear Mechanics.-1980.-Vol.15.- P.303-313.
151. Crandall S.H., Zhu W.Q. Random vibration A survey of recent developments// J. Appl. Mech.-1983.-Vol.50.- P.953-962
152. Hojstrup, J.; Hansen, K.S.; Juul Pedersen, B.; Nielsen, M., Non-Gaussian turbulence // Proc. 1999 European wind energy conference (EWEC '99). - Nice (FR). - 1999. - P.1055-1057.
153. Horokhov Ye.V., Vasylev V.N., Kolesnichenko S.V., Yugov A.M. Experimental investigation of initial residual stresses in H-beams// Eurosteel'99. Proceedings of the 2th European Conference on Steel Structures/ Prague, 26-29 May 1999. CD-Publication. - Prague: CTU, 1999. - 032.- ISBN80-01-01963-2.
154. Hunaidi O. Traffic Vibrations in Buildings// Construction Technology Update. - No.39. - P.1-6.
155. Hunaidi, O. and Tremblay, M. Trafficinduced building vibrations in Montreal// Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 24, No. 5,1997. - P.736-753.
156. Hunaidi, O. Evaluation of human response to building vibration caused by transit buses// Journal of Low Frequency Noise and Vibration. - Vol.15. - No. 1. - 1996. - P.25-42.
157. Hunaidi, O., Rainer, J.H. and Pernica, G. Measurement and analysis of traffic induced vibrations// Proceedings of and International Symposium on Transport Noise and Vibration. - St. Petersburg, Russia, - 1994, - P.103-108.
158. Kosko B. Fuzzy Engineering. . - Prentice-Hall, New Jersey. - 1997. - 549 p.
159. Kulyabko V.V. Drawing up of the dynamic models of long-span and high-rise RS buildings and structures in the time of the diagnostics// Proc. 2nd RILEM International Conf. Ľtrbský pleso "Diagnosis of Concrete Structures". - Bratislava (Slovakia). - 1996. - P.382-385.

160. Kulyabko V.V. Complex-compound structures Dynamic Calculation Methodology// Proc. International Conf. "Challenges to Civil and Mechanical Engineering in 2000 and Beyond". - Vol.3. - Wroclaw (Poland). - 1997. - P.153-160.
161. Kulyabko V., Davydov I. Discrete Models and Nonlinear Oscillation Analysis of Three-Dimensional Plate-Beam Systems// 6th conf. Shell Structures. Theory and Applications. – Gdansk. 1998. – P.171-172.
162. Lehtonen P. and Makkonen L. Comparison of heated anemometers part II: a 3-d sonic anemometer// The Eighth International Workshop on Atmospheric Icing of Structures. - Reykjavik (Iceland). – 1998. - P.142-147.
163. Maeda J., Imamura Y, Morimoto Y. Wind response of a power transmission using new displacement measurement// Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century". - Rotterdam (Denmark). – 1999. – P.481-486.
164. Maeda J., Imamura Y., Morimoto Y. Wind response behaviour of a power transmission tower using new displacement measurement/ Wind Engineering into 21st Century, Larsen, Larose&Livesey(eds), 1999 Balkema, Rotterdam. - P.481-486.
165. Ochme P. Schäden an Sthahltrawerken: Statistische Schadensanalyse unter Deachtung juristischer Aspekte. - Berlin: Bauinformation, 1990.- 40 p.
166. Ochme P. Schäden an Sthahltrawerken: Statistische Schadensanalyse unter Deachtung juristischer Aspekte. - Berlin: Bauinformation, 1990.- 40 p.
167. Peil U. Collapse Behaviour of Guyed Masts Under Gales and Guy Rupture// Proceed. of 2-nd East European Conference on Wind Engineering, Prague, 7-11 September 1998. - Prague.
168. Peil U., Telljohann G. A wind turbulence model based on long-term measurements// Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century", Rotterdam (Denmark). – 1999. – P.148-153.
169. Porterfield M.L., Jones N.P. Full-scale measurements on low-rise structure // Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century". - Rotterdam (Denmark). – 1999. – P.1839-1846.

170. Reda D. C., Nicolaysen S. D., Schluter L. L, Development of a Facility for Hot-Film Sensor Calibration and Unsteady Viscous Flow Research// Seventh ASME Wind Energy Symposium. - New Orleans (US). - 1988.
171. Savory E., Parke G.A.R., Disney P., Toy N., Zeinoddini M. Field measurements of wind-induced transmission tower foundation loads // Wind and Structures. -Vol.2. - № 1. – 1999. - P.183-199.
172. Simiu E., Scanlan R.H. Wind Effects on Structures: An introduction to Wind Engineering. - Second Edition. - John Wiley & Sons, New York (USA). - 1986. - 589 p.
173. Simiu Emil. Toward a New Generation of Standards for Wind Loads: implications for Design Practice, Insurance, and Research// The Eighth U.S. National Conf. on Wind Engineering . – Baltimore (USA). – 1997. – CD-rom
174. Zadeh L.A. Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Part II// Information Sciences. - №9. - 1975. - P.301-357.

НАДАННЯ
вирішення кваліфікаційної роботи

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)» Бурак Микола Миколайович (11157)

Кваліфікаційна робота на тему: «Вплив надійності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств»

Внесена згідно до завдання, відповідає темі, містить 32 листи графічного матеріалу і повномовну записку з 117 сторінок, підписана консультанткою і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) _____
Слід визначити, що тема магістерської роботи є актуальною та обумовлена тим, що за останні роки відзначається лавинне зростання кількості аварій, у тому числі і техногенного характеру. Значна частина цих аварій була обумовлена старінням несучих будівельних конструкцій. Тому оцінка залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи є актуальною.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-варіантності) _____
У магістерській роботі наведені теоретичні основи технічної діагностики та оцінки залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі, для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» відповідає прийнятим вимогам _____

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач на достатньому професійному рівні _____

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень виконано у повному обсязі та відповідає вимогам _____

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі кваліфікаційна робота магістра виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій та сучасних нормативних документів

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів оформлено згідно норм та стандартів

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість

В роботі виконано науковий пошук моделей оцінки і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу. Наведені результати експериментальної-теоретичної оцінки дійсного стану експлуатованих металевих конструкцій з урахуванням реальних чинників експлуатації, зовнішніх навантажень і впливів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу.

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки:

Як побажання слід висловити наступне: можливо було доповнити роботу чисельним експериментом з урахуванням деформацій будівлі та реологічних властивостей матеріалів.

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на відповідальному рівні і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 95 національною вирішено СКТС A

Керівник К.Т.Н., доцент Фосташенко О.М.
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)

Рецензія

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)» Бурлак Микола Миколайовича
(ПІБ.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Оцінка надійності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств».

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не) згідно (не) відповідає

містить 32 листа графічного матеріалу і пояснювальну записку з 117 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема магістерської роботи є актуальною та обумовлена тим, що за останні роки відзначається лавинне зростання кількості аварій, у тому числі і техногенного характеру. Значна частина цих аварій була обумовлена старінням несучих будівельних конструкцій. Тому оцінка залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи є актуальною.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)

У магістерській роботі наведені теоретичні основи технічної діагностики та оцінки залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій промислових будівель на основі методів і засобів технічної діагностики та врахування фактичних навантажень і дій на будівлі для забезпечення їх нормальної експлуатації впродовж заданого терміну роботи.

В роботі виконано науковий пошук моделей оцінки і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу. Наведені результати експериментальної-теоретичної оцінки дійсного стану експлуатованих металевих конструкцій з урахуванням реальних чинників експлуатації, зовнішніх навантажень і впливів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу)

Магістерська робота виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Усі розділи магістерської роботи оформлені згідно норм та відповідають вимогам, що висуваються до магістерських робіт. Розділи взаємозв'язані один з одним, чітко та технічно грамотно оформлені. Науковий стиль викладення матеріалу – виконано у повному обсязі та відповідає вимогам, що висуваються до магістерської роботи.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи)

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозування залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій протягом життєвого циклу.

Особистий внесок автора. Виконання оцінки технічного стану і експлуатаційної придатності сталевих конструкцій промислових будівель, що експлуатуються в агресивних умовах металургійних підприємств в місті Запоріжжі.

Доведено, що важливим методом оцінки показників надійності експлуатованих металевих конструкцій промислових будівель є дослідження процесу накопичення недосконалості в конструкціях на усіх етапах життєвого циклу з використанням статистичного і діагностичного методів.

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра: можливо було доповнити роботу чисельним експериментом з урахуванням деформацій будівлі та реологічних властивостей матеріалів.

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана (ний) на відповідальному рівні

і заслуговує оцінки:

кількість балів 92

за національною шкалою відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент доцент кафедри міського будівництва і господарства

Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)

(підпис)

Сьомчина М.В.
(П.І.Б.)