

УДК 624.015:620.197

Основні положення з моніторингу сталевих конструкцій будівель і споруд АЕС, що знаходяться в експлуатації

¹Матченко Т.І., к.т.н, ²Матченко П.Т.

¹ПАТ «Київський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», Україна

²ДНТЦ ЯРБ ДП Держатомрегулювання України

Анотація. Викладені основні положення з моніторингу та визначення технічного стану, залишкової довговічності та перепризначеного ресурсу будівельних сталевих конструкцій АЕС, що містять новітні методи розрахунків витривалості, втоми, опору крихкому руйнуванню металевих конструкцій, а також методи визначення залишкового ресурсу та запасів міцності металевих конструкцій, що експлуатуються.

Аннотация. Изложены основные положения по мониторингу и определению технического состояния, остаточной долговечности и переназначенного ресурса строительных стальных конструкций АЭС, которые содержат новые методы расчетов выносливости, усталости, сопротивления хрупкому разрушению металлических конструкций, а также методы определения остаточного ресурса и запасов прочности металлических конструкций, находящихся в эксплуатации.

Abstract. The basic provisions on the monitoring methods for determination of technical condition, residual and resource reassignment of steel structures are presented, that include new calculation methods for endurance, fatigue, brittle fracture resistance of metal structures, as well as methods of determining residual life and safety margins of metal structures in operation.

Ключові слова: металеві конструкції, моніторинг, обстеження, технічний стан, ресурс.

Вступ. Сьогодні в Україні знаходяться в експлуатації 15 енергетичних блоків атомних електричних станцій (АЕС). Проектний ресурс деяких з них закінчився, а інших збігає. В цих умовах актуальним є виконати необхідні заходи з перепризначення і подовження ресурсу енергетичних блоків АЕС на основі оцінки технічного стану, залишкової довговічності та елементів АЕС, відповідальних за ядерну та радіаційну безпеку. В перелік таких елементів входять деякі несучі і локалізуючі будівельні конструкції будівель і споруд АЕС, а також елементи розкріплення обладнання і трубопроводів.

Основні положення з моніторингу будівельних конструкцій АЕС викладені в [1, 12]. Основні положення з визначення технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, містяться в [2] та увійдуть до [11].

В документах [1, 2, 11, 12] не викладені методи перепризначення ресурсу, відсутня класифікація механізмів деградації сталевих конструкцій і параметрів, за якими вона контролюється, відсутні методи розрахунку циклічної тріщиностійкості сталевих конструкцій з тріщинами та методи розрахунку на опір крихкому руйнуванню сталевих конструкцій з тріщинами.

Одна з умов Держатомрегулювання України з застосування на АЕС будь-якої системи моніторингу, методів визначення довговічності та обґрунтованого перепризначення ресурсу елементів АЕС полягає в тому, що системи, методи і програми повинні спиратися на державні нормативні документи України.

Однак станом на сьогодні накопичені методи з моделювання зміни в часі впливів, агресивності середовища експлуатації, моделювання механізмів деградації, розрахунків із визначення величини пошкоджень матеріалів будівельних конструкцій, розрахунків із визначення довговічності, ресурсу та залишкового ресурсу будівельних конструкцій АЕС.

Про необхідність розвитку і вдосконалення нормативних документів із визначення і перепризначення ресурсу сталевих конструкцій вказано в [22].

Ціль цієї роботи – викласти основні положення з моніторингу, методів визначення технічного стану, залишкової довговічності та перепризначеного ресурсу будівельних сталевих конструкцій АЕС, що містять новітні методи розрахунків витривалості, втоми, опору крихкому руйнуванню металевих конструкцій, а також методи визначення залишкового ресурсу та запасів міцності металевих конструкцій, що експлуатуються.

У цій роботі встановлені загальні правила оцінювання технічного стану та визначення залишкового ресурсу сталевих конструкцій каркасів експлуатованих виробничих будівель і споруд, що працюють за температури навколишнього середовища не вище ніж $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і можливого короткочасного підвищення температури до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ без ознак надзвичайної ситуації. Вказівок норм необхідно дотримуватися безпосередньо при оцінюванні технічного стану сталевих конструкцій, з урахуванням нерівномірної осадки фундаментів будівель і споруд із сталевим каркасом, визначенні залишкового ресурсу або перепризначені (подовжені) ресурсу будівель і споруд із сталевим каркасом, а також керуватися ними при розробленні інших нормативних документів з проектування, технічної експлуатації і ремонту конструкцій.

Норми стосуються тільки конструкцій, проектування яких здійснювалося за регламентуванням СНиП II-И.9-62; СН 376-67; СНиП II-В.3-72; СНиП II-23-81*; ДБН В.2.6-163:2010; ДБН В.2.6-198:2014, а також експлуатованих конструкцій, і не поширюються на ті частини будівель і споруд та їх конструкційні елементи, що споруджуються знову (прибудовуються), не поширюються на визначення технічного стану і залишкового ресурсу сталевих конструкцій мостів, транспортних тунелів і труб під насипами.

Загальні положення. Оцінка технічного стану є однією із регламентованих процедур, які виконуються з метою перевірки рівня надійності (безвідмовності) і довговічності конструкцій і встановлення можливості їх використання за призначенням у передбачених проектом умовах і на певний строк експлуатації (залишковий або перепризначений ресурс), що прогнозується.

Залежно від здатності конструкцій виконувати протягом прогнозованого строку (залишкового ресурсу) усі функції, передбачені нормативною і проектною документацією, визначається технічний стан будівлі, споруди або конструкції.

Технічний стан конструкцій можна класифікувати як згадані вище граничні стани першої і другої груп, що визначаються відповідно до ДБН В.1.2-14-2009.

На відміну від проектування нових конструкцій, коли їх надійність підтверджується тільки шляхом розрахунку, для характеристики надійності існуючих конструкцій за значеннями технічного стану можна застосовувати наступні методи:

- Оцінка технічного стану на підставі досвіду експлуатації.
- Оцінка технічного стану конструкції пробним навантаженням.
- Параметричні методи оцінки станів будівельних конструкцій на підставі уточнення властивостей металу в конструкціях і з'єднаннях і уточнення навантажень, впливів і показника ступеня агресивності середовища експлуатації.
- Оцінка технічного стану будівель і споруд в цілому за економічними показниками.
- Оцінка технічного стану несучих конструкцій за розрахунковим визначенням запасів міцності екстремальним навантаженням.

Ці способи можна використовувати і в комбінації, а саме:

- різні конструкційні елементи будівлі чи споруди можна обстежувати різноманітними способами;
- один і той самий конструкційний елемент можна обстежити декількома способами, і якщо виникають різні результати, то приймається найбільш обережна оцінка.

Прогнозований строк експлуатації (залишковий ресурс), який визначається на підставі оцінки технічного стану, приймається за одним із таких варіантів:

- до вичерпання встановленого нормативного строку функціонування будівлі чи споруди;
- до найближчого запланованого капітального ремонту;
- до встановлюваного під час оцінки строку, після закінчення якого конструкція знову підлягає оцінці з метою перевірки можливості продовження допустимого строку експлуатації.

Оцінка залишкового ресурсу сталевих конструкцій, основ будівель і споруд може визначатися наступними методами:

- Визначення залишкового ресурсу за технічним станом конструкцій і агресивністю середовища експлуатації.
 - Визначення залишкового ресурсу сталевих конструкцій, фундаментів і основ методом лінійної екстраполяції параметрів, що контролюються.
 - Визначення залишкового ресурсу сталевих конструкцій, фундаментів і основ методом нелінійної екстраполяції параметрів, що контролюються.
 - Визначення залишкового ресурсу за технічним станом конструкцій і агресивністю середовища експлуатації.
 - Визначення залишкового ресурсу за запасами стійкості до техногенних дій, впливів і навантажень, а саме:
 1. Визначення залишкового ресурсу елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску.
 2. Визначення залишкового ресурсу елементів сталевих конструкцій при згині.
 3. Визначення залишкового ресурсу елементів сталевих конструкцій при дії поздовжньої сили та згинального моменту.
 4. Визначення залишкового ресурсу зварних з'єднань.
 5. Визначення залишкового ресурсу фрикційних з'єднань.
 6. Визначення залишкового ресурсу болтових з'єднань.
- Оцінка залишкового ресурсу імовірнісним методом.

В усіх випадках оцінювання технічного стану слід виконувати на підставі результатів поточних і періодичних оглядів або спеціального візуального та інструментального обстеження, під час якого збираються дані про фактичний знос конструкцій, уточнюються відомості дослідження властивостей матеріалів, збирається технічна документація, яка збереглася, проводяться необхідні розрахунки тощо.

В усіх випадках обстеження сталевих конструкцій, що експлуатуються, виконують за заздалегідь розробленою та узгодженою програмою візуального та інструментального обстеження будівельних конструкцій та середовищ їх експлуатації.

За спорудами, що відносяться до класу наслідків ССЗ, повинен вестися постійний моніторинг, який включає:

- моніторинг деформацій, пошкоджень і деградації конструкцій;
- моніторинг метеорологічних і аерологічних умов будівельного майданчика;
- динамічний моніторинг будівельних конструкцій;
- моніторинг основ та рівня ґрунтових вод.

Структура моніторингу, оглядів і обстежень сталевих конструкцій і середовища експлуатації будівель і споруд АЕС.

Об'єкти моніторингу і їх класифікація наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування елементів та конструкцій	Найменування будівель та споруд	Клас безпечності	Класифікаційне позначення	Категорія за ПiН АЭ-5.6	Сейсмостійкість за ПНАЭ Г-5-006-87	Клас відповідальності за ДБН В.1.2-14:2009
Код НП 306.2.141-2008						
1 Головний корпус. Реакторне відділення	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.1 Основа будівлі						
1.2 Фундаментна плита з усіма елементами	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.3 Гідроізоляція перекриття під електротехнічними приміщеннями	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.4 Конструкції всередині гермо технічного об'єму:	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки					
1.4.1 Шахта реактору з усіма елементами	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.4.2 Басейн витримки відпрацьованого палива з усіма елементами	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.4.3 Шахта ревізії блоку захисних труб, мокрого перевантаження з усіма елементами	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3
1.4.4 Закладні деталі і металоконструкції розкріплення обладнання і трубопроводів реакторної установки	Елементи нормальної експлуатації (НЕ) важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3

Продовження таблиці 1

Найменування елементів та конструкцій	Найменування будівель та споруд	Клас безпечності	Класифікаційне позначення	Категорія за ПнН АЭ-5.6	Сейсмостійкість за ПНАЭ Г-5-006-87	Клас відповідальності за ДБН В.1.2-14:2009
Код НП 306.2.141-2008						
1.5 Конструкції системи герметичного огороження:						
1.5.1 Захисна попередньо-напружена оболонка з усіма елементами	Елементи локалізуючої системи безпеки, поєднуючи функції елементів НЕ, важливих для безпеки	2	2ЛН	I	I	СС3
1.5.1. Арматурні канати (як одиничний елемент) системи попереднього напруження захисної оболонки	Елементи локалізуючої системи безпеки, поєднуючи функції елементів НЕ, важливих для безпеки	3	3Лн	I	I	СС3
1.5.2 Опорна плита оболонки з усіма елементами	Елементи локалізуючої системи безпеки, поєднуючи функції елементів нормальної експлуатації, важливих для безпеки	2	2ЛН	I	I	СС3
1.5.3 Бак аварійного запасу бора з усіма елементами, герметичні шлюзи і двері	Елементи захисної і локалізуючої систем безпеки	2	23Л	I	I	СС3
1.5.4 Будівельні конструкції, які не відносяться до ЛСБ	Елементи нормальної експлуатації (НЕ), важливі для безпеки	2	2Н	I	I	СС3

Закінчення таблиці 1

Найменування елементів та конструкцій	Найменування будівель та споруд	Клас безпеки	Класифікаційне позначення	Категорія за Пін АЭ-5.6	Сейсмостійкість за ПНАЭ Г-5-006-87	Клас відповідальності за ДБН В.1.2-14:2009
Код НП 306.2.141-2008						
2 Головний корпус. Турбінне відділення.						
2.1 Несучі конструкції фундаментів і каркасу машинного і деаераторних відділень і етажерки електричних пристроїв	Елементи нормальної експлуатації (НЕ), важливі для безпеки	3	3Н	II	IIб	СС3
2.2 Будівельні конструкції кабельного тунелю II системи безпеки	Елементи забезпечення системи безпеки	3	3О	I	I	СС3
3 РДЕС						
Будівельні конструкції і елементи будівель резервної дизель електричної станції з насосами технічного водопостачання відповідальних споживачів, компресорними пневмо приводами і каналами зв'язку з будівлею реакторного відділення	Елементи забезпечення системи безпеки	3	3О	I	I	СС3
Примітка: Класифікація за ДБН В.1.2-14-2009 наведена на підставі експертної оцінки						

Класифікація цілей і експлуатаційних якостей конструкцій, будівель і споруд

Цілями моніторингу та обстеження несучих будівельних конструкцій будівель і споруд АЕС є:

- визначення технічного стану несучих конструкцій;
- визначення технічного стану будівель і споруд;
- визначення запасів міцності (стійкості) конструкцій щодо техногенних дій;
- визначення довговічності несучих конструкцій;
- визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій;
- визначення можливості перепризначення нового ресурсу несучих конструкцій за їх запасами стійкості.

Експлуатаційні якості

Будівлі і споруди у відповідності до визначаючих експлуатаційних вимог повинні:

- бути високонадійними, а саме, виконувати задані їм функції у визначених умовах експлуатації протягом заданого терміну, при збереженні значень своїх основних параметрів у встановлених межах;
- бути зручними і безпечними в експлуатації, що досягається раціональними плануваннями приміщень і розташуванням входів, сходів, ліфтів, засобів пожежогасіння, при цьому для ремонту і заміни великогабаритного технологічного обладнання в будівлях повинні бути передбачені люки, отвори і кріплення;
- бути зручними і простими в технічному обслуговуванні і ремонті, а саме, дозволяти виконувати його на можливо більшій кількості ділянок; мати зручні підходи до конструкцій, внаслідок введення інженерних мереж без демонтажу конструкцій для оглядів і обстежень з як найменшими витратами на допоміжні операції, повинні застосовувати передові методи праці, сучасні засоби механізації, а також мати засоби для кріплення кошиків, джерела електричного току і таке інше;
- бути ремонтпридатними, а саме, їх конструкція повинна бути прилаштована до виконання усіх видів технічного обслуговування і ремонту без руйнування суміжних елементів і з мінімальними втратами труда, часу і матеріалів;
- мати максимально можливий і близький еквівалентний для усіх конструкцій міжремонтний строк служби;
- бути екологічними протягом експлуатації, що досягається застосуванням матеріалів і конструкцій з підвищеним строком служби (довговічністю), а також мінімальними втратами на опалення, вентиляцію, кондиціонування, освітлення і водопостачання;
- мати зовнішній архітектурний вигляд, який відповідає їх призначенню, розташуванню в забудові, а також приємний для споглядання.

Класифікація механізмів деградації сталевих конструкцій та параметрів, за якими вони контролюються, наведена в [19].

Класифікація дефектів, пошкоджень сталевих конструкцій наведена в [2].

Класифікація середовищ експлуатації, дій і навантажень за їх впливом на деградацію сталевих конструкцій, контрольованих параметрів середовища експлуатації сталевих конструкцій наведена в [19].

Структура моніторингу

Методи, які використовуються при моніторингу, і програмні засоби, за допомогою яких реалізуються методи оцінки параметрів моніторингу, повинні бути атестовані у встановленому порядку. Моніторинг слід виконувати у відповідності з програмою моніторингу на усіх етапах життєвого циклу споруди. При цьому перший цикл кожного виду інструментальних обстежень, включений в програму моніторингу, проводиться в складі інженерних вишукувань на стадії ТЕО проекту і в період будівництва, наступні цикли інструментальних обстежень з указаною в програмі моніторингу періодичністю проводяться в період експлуатації і виводу з експлуатації споруди.

В період розробки проекту споруди в повному обсязі відтворюється мережа пунктів спостереження за агресивністю зовнішнього середовища експлуатації (повітря, ґрунту та ґрунтових вод, водоймищ) та агресивністю технологічного середовища експлуатації (газів, рідин, твердих сипучих речовин).

Організація і склад робіт з моніторингу

Мережа пунктів спостереження системи моніторингу може корегуватися в обґрунтованих випадках за результатами перших етапів моніторингу. При цьому рекомендується враховувати елементи існуючих пунктів спостереження, якщо такі є.

Мережа пунктів спостереження системи моніторингу (рис. 1) рекомендується розробити з урахуванням розміщення на будівельному майданчику будівель (споруд) та інших об'єктів.

Порівнюватися повинні параметри, визначені з однаковою довірчою імовірністю.

Після отримання ліцензії на вихід споруди з експлуатації рекомендується розробити нову програму моніторингу об'єкта.

Програму моніторингу рекомендується розробити з урахуванням блок-схеми системи моніторингу, яка приведена на рис. 1.

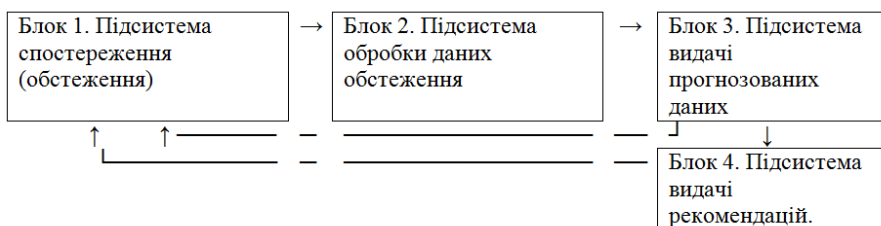


Рис. 1. Блок-схема системи моніторингу

В системі моніторингу слід передбачати облаштування підсистеми спостереження (Блок 1), яка включає:

- визначення параметрів матеріалів, конструкцій, будівель і споруд, що контролюються;
- пункт спостереження за параметрами, що контролюються;
- пункт спостереження за гідрогеологічними характеристиками та агресивністю ґрунту та ґрунтових вод;
- пункт спостереження за технологічними процесами та агресивністю середовища в приміщеннях.

Блок 2 – підсистема обробки даних обстежень з заданою імовірністю забезпечення. В блоці передбачається створення банку методик, розрахункових комплексів і програмних засобів для оброблення вимірних параметрів, що контролюються. Для обробки даних моніторингу і виконання прогнозних розрахунків агресивності середовища експлуатації, механізмів деградації матеріалів і конструкцій слід застосовувати стандартні методики розрахунків і атестовані програмні засоби.

Блок 3 – підсистема видачі прогнозних даних, яка містить моделі і програми моделювання змін середовища, за допомогою яких проводяться прогнозні розрахунки й аналізи.

Блок 4 – підсистема видачі рекомендацій, яка включає базу даних рекомендацій, які слід виконувати, якщо контрольовані параметри перевищили або можуть перевищити критично допустимі значення.

Забезпечення постійного рівня надійності та довговічності експлуатованих конструкцій пов'язане з організацією справної служби технічної експлуатації, що здійснює нагляд (моніторинг) і догляд за конструкціями власними силами або шляхом залучення спеціалізованих організацій.

Метою нагляду є своєчасний вияв і правильна оцінка наявних дефектів і пошкоджень сталевих конструкцій. Огляд містить поточні і періодичні (весняні і осінні) огляди конструкцій, а також їх спеціальні обстеження.

Моніторинг включає:

- моніторинг деформацій і пошкоджень конструкцій;
- моніторинг середовища експлуатації, впливів і навантажень;
- сейсмічний моніторинг будівельного майданчика і споруд;
- динамічний моніторинг будівельних конструкцій (за необхідністю);
- моніторинг основ, ґрунтів та ґрунтових вод;
- поточні огляди;
- візуальне обстеження конструкцій;
- інструментальне обстеження конструкцій;

- он-лайн моніторинг переміщень, напружень в конструкціях, температур, вологості, сейсмічних коливань конструкцій в спорудах, які не відвідуються у зв'язку з підвищеною радіацією;
- вібраційний моніторинг фундаментів турбін і насосів;
- спеціалізований моніторинг захисної оболонки (ЗО) реакторного відділення (РВ) АЕС;
- моніторинг циркуляційного крану РВ;
- моніторинг опорних конструкцій реактора;
- моніторинг конструкцій і облицювання шахти реактора;
- моніторинг конструкцій і облицювання басейну витримки;
- моніторинг розкріплення обладнання і трубопроводів.

Моніторинг технічного стану будівель і споруд не відповідальних за якість та радіаційну безпеку

Моніторинг технічного стану будівель і споруд виконують для:

- контролю технічного стану будівель і споруд і своєчасного вживання заходів з усунення негативних факторів, які призводять до погіршення цього стану;
- виявлення об'єктів, на яких відбулися зміни напружено-деформованого стану несучих конструкцій і для яких необхідне обстеження їх технічного стану;
- забезпечення безпечного функціонування будівель і споруд за рахунок своєчасного виявлення на ранній стадії негативної зміни напружено-деформованого стану конструкцій і ґрунтів основи, яку можуть спричинити перехід об'єктів в обмежено працездатний або в аварійний стан;
- відстеження ступеня і швидкості зміни технічного стану об'єкта і прийняття, за необхідністю, екстрених заходів із запобігання його обрушення.

Блок-схема виконання робіт з моніторингу та обстеження сталевих конструкцій наведена на рис. 2.

Для визначення задач моніторингу технічного стану конкретної будівлі (споруди) розробляють програму проведення моніторингу, в якій поряд із перерахуванням видів робіт встановлюють систему і періодичність спостереження з урахуванням технічного стану об'єкта, а також загальну тривалість моніторингу. Програму моніторингу погоджують із замовником.

При виборі системи спостереження враховують ціль проведення моніторингу, а також швидкість протікання процесів і їх зміна в часі, тривалість вимірювань, похибки вимірювань, в тому числі, за рахунок зміни стану оточуючого середовища, а також впливу перешкод і аномалій природно-техногенного характеру.

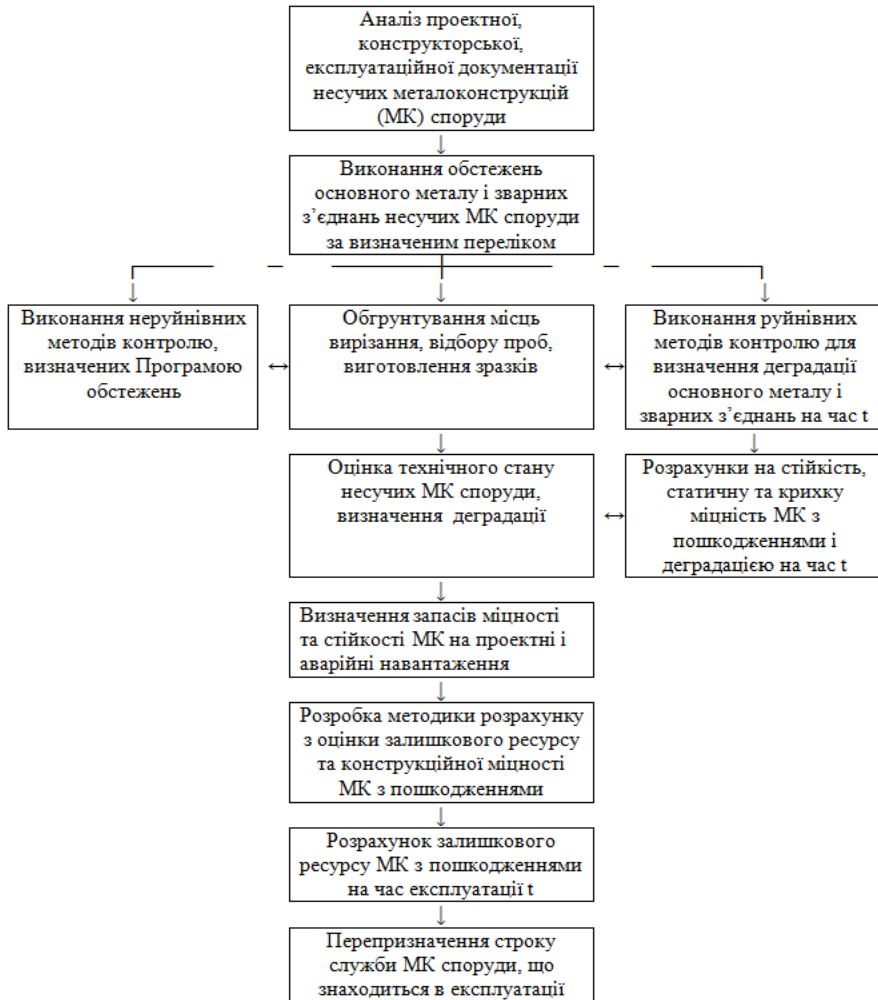


Рис. 2. Блок-схема виконання робіт із моніторингу та обстеження сталевих конструкцій

Методика і обсяг системи спостереження при моніторингу, включаючи вимірювання, повинні забезпечувати достовірність і повноту одержуваної інформації для підготовки виконавцем обґрунтованого висновку про поточний стан об'єкта.

Протягом довготривалих спостережень і при зміні зовнішніх умов необхідно забезпечити облік зміни умов і компенсаційних поправок (температура, вологість тощо) для пристроїв вимірювання.

Внаслідок проведення кожного з типів моніторингу повинна бути отримана інформація, достатня для підготовки обґрунтованого висновку про поточний технічний стан будівель або споруд і видача короткочасного прогнозу про його стан на найближчий період.

Початковим етапом моніторингу технічного стану будівель (споруд), за виключенням загального моніторингу, є обстеження їх технічного стану. На цьому етапі встановлюють категорії технічного стану будівель (споруд), фіксують пошкодження конструкцій, за зміною стану яких (а також за виникненням нових пошкоджень) буде здійснюватися спостереження при моніторингу.

У випадку отримання на будь-якому етапі моніторингу даних, що вказують на погіршення технічного стану усієї конструкції або її елементів, яке може призвести до обрушення будівлі (споруди), підприємство, яке здійснює моніторинг, повинно негайно інформувати про ситуацію, що склалася, в тому числі, в письмовому вигляді, власника об'єкта, експлуатуючу організацію, місцеві органи виконавчої влади, територіальні органи, відомства у справах цивільної оборони, надзвичайних ситуацій і ліквідації наслідків стихійних лих.

Загальний моніторинг технічного стану будівель (споруд) здійснюють для виявлення об'єктів, зміна пружно-деформованого стану яких потребує обстеження їх технічного стану.

При загальному моніторингу, як правило, замість здійснення обстеження технічного стану будівель (споруд) у повному обсязі, здійснюють візуальний огляд конструкцій з ціллю приблизної оцінки категорій технічного стану, вимірюють геодезичні параметри конкретних будівель (споруд) і складають паспорт будівлі (споруди).

Геодезичними методами і приборами за спостережними реперами вимірюють вертикальні і горизонтальні переміщення геодезичних марок, вбудованих у фундаменти споруд. Спостереження за деформаціями основи будівель (споруд) здійснюють за ГОСТ 24846. При спостереженні за будівлями визначають нерівномірність осідань фундаментів. Фіксують тріщини та інші пошкодження конструкцій, надійність вузлів їх спірання, наявність необхідних зазорів у швах і шарнірних опорах; відносні горизонтальні переміщення окремих фундаментів колон, крен фундаментів технологічного обладнання, а при наявності мостових кранів – відхилення від проектного положення підкранових шляхів: поперечні і поздовжні ухили, зміна ширини колії і приближення крану до будов.

Необхідно періодично візуально перевіряти стан зварних швів, болтових з'єднань металоконструкцій, особливо у відповідальних вузлах на опорах ферм, у вузлах з'єднання решітки з нижнім і верхнім поясами ферм і кріплення підкранових балок до консолей колон анкерними болтами, а також стан кріплень рейок до балок.

Виявлені при оглядах дефекти в металоконструкціях, такі як невідповідність геометричних розмірів зварних швів проектних розмірах, неповари, подрізи, перевитрата й видима значна пористість швів, кратери, відриви, волосяні тріщини, значна корозія, відсутність швів у місцях, визначених проектом; відсутність необхідного за проектом числа болтів у болтових з'єднаннях або анкерних болтів в опорних вузлах ферм і балок, відсутність гайок, контргайок і враження їх корозією, слабке затягування болтів у болтових з'єднаннях при відсутності пружинних шайб, деформації болтів у результаті механічних пошкоджень, значні пошкодження перетинів болтів і елементів конструкцій корозією (ослаблення більше 10 відсотків); наявність великих зазорів (більше 1 мм) між колонами і опорними вертикальними плитами вузлів ферм (при болтових з'єднаннях) – повинні фіксуватися в дефектній відомості.

Якщо за результатами приблизної оцінки категорія технічного стану будівлі (споруди) відповідає нормативній або працездатному технічному стану, тоді наступні вимірювання параметрів здійснюють за графіком обстежень у відповідності з таблицями 2–4.

Періодичність поточних оглядів конструкцій визначається умовами експлуатації і може бути встановлена вказівками, наведеними, як це зазначено у таблицях 2–4, якщо в проекті чи в іншій експлуатаційно-технічній документації не задані інші вимоги.

Метою проведення спеціальних обстежень, які здійснюються, як правило, силами залучених спеціалізованих організацій, є встановлення фактичних даних про стан і параметри конструкцій щодо розробки рекомендацій подальшої експлуатації.

Обстеження конструкцій необхідно проводити:

- якщо під час поточного або періодичного огляду знайдені дефекти і пошкодження категорії А за класифікацією [2], які є наслідком механізмів деградації за класифікацією [19], або такі дефекти і пошкодження, оцінка безпеки яких ускладнена для служби технічної експлуатації підприємства;
- при аварії аналогічних конструкцій, що експлуатуються в аналогічних умовах на інших об'єктах;
- при необхідності реконструкції або технічного переозброєння, пов'язаних із зміною навантажень або умов експлуатації.

Обстеження конструкцій повинно виконуватися на підставі робочої програми, яка повинна містити:

- підготовчі роботи (одержання і аналіз завдання на проведення обстеження, ознайомлення з об'єктом обстеження в натурі, добір і аналіз технічної документації, складання робочої програми з обстежень тощо);
- огляд конструкцій в натурі (обмір конструкцій, визначення відхилень положення конструкцій та їх геометричних розмірів від проектних, визначення відхилень від проектів конструктивного виконання елементів і їх з'єднань, виявлення пошкоджень елементів і з'єднань, складання виконавчої документації, відомостей дефектів і пошкоджень, обмірювальних креслень);
- визначення властивостей сталі конструкції [2];
- уточнення фактичних і прогнозування майбутніх навантажень, впливів і умов експлуатації, включаючи температурно-вологісний режим і ступень агресивності зовнішнього середовища в відповідності до програми моніторингу середовища експлуатації;
- складання висновків про фактичний стан обстежених конструкцій, їх навантаження і умови експлуатації.

Обсяг і ступінь деталізації даних обстеження залежить від наявності технічної та експлуатаційної документації, стану і ступеня пошкодження конструкцій – вони повинні відповідати комплексу реконструкційних чи ремонтних робіт, які передбачаються.

Усі роботи щодо обстеження конструкцій у натурі слід виконувати, обов'язково й повно дотримуючись діючих правил і норм охорони праці й техніки безпеки. При цьому треба керуватися вказівками п. 12 «Техніка безпеки при виконанні робіт з обстеження конструкцій».

Залежно від мети (загальне ознайомлення, обстеження тощо) обстеження може бути вибіркоким або повним. Обсяг вибіркового обстеження визначається з урахуванням досвіду експлуатації аналогічних конструкцій у подібних умовах. При цьому обстеженню підлягають всі елементи, що знаходяться у найбільш несприятливих умовах за рівнем напружень, особливо в зоні можливих механічних пошкоджень, агресивної дії середовища експлуатації, в зоні підвищеної вібрації тощо, але не менше 20 % однотипних конструкцій.

Вибіркове обстеження слід замінити повним, якщо в процесі його виконання виявлено:

- різку нерівномірність вимірюваних параметрів технічного стану однотипних конструкцій, властивостей матеріалів, ступеня агресивності середовища експлуатації, умов навантаження;
- дефекти і пошкодження, які істотно знижують несучу здатність і експлуатаційну придатність (тріщини, великі вигини, істотний корозійний знос, відсутність елементів або з'єднань тощо).

Приблизні строки оглядів і обстежень

Періодичність поточних оглядів, що здійснюють служби технічної експлуатації будівель і споруд, і періодичність обстежень, які здійснюють спеціалізовані організації, залежать від умов експлуатації (режиму роботи) і визначаються у кожному конкретному випадку стандартами підприємств чи іншими експлуатаційно-технічними документами.

Для сталевих конструкцій одноповерхових виробничих будинків рекомендуються орієнтовні строки поточних оглядів відповідно до даних табл. 2, при цьому режим роботи несучих конструкцій визначається режимом роботи кранового обладнання (режимною групою за ГОСТ 25546-82) і характером цього використання, а ступень агресивності газоповітряного середовища, проливів рідини і відкладень пилу – за даними ДСТУ Б В.2.6-193:2013 та [3].

Таблиця 2

Періодичність поточних оглядів (не рідше)	Умови експлуатації та інтенсивність впливів	Орієнтовний обсяг обстежуваних конструкцій
Два рази на місяць	Особливо важкий режим роботи	Усі підкранові конструкції і 10 % конструкційних елементів, вузлів, з'єднань по кожному виду конструкцій іншого типу
	Сильноагресивне середовище	20% конструктивних елементів, вузлів і з'єднань
Один раз на місяць	Важкий режим роботи	Те саме
	Середньоагресивне середовище	Те саме
	Інтенсивний рух наземного транспорту	Усі колони у робочій зоні і 10 % решти елементів, вузлів і з'єднань
	Нагрівання конструкцій більше 200 °С	Усі колони у робочій зоні і 10 % решти елементів, вузлів і з'єднань
Один раз на три місяці	-	10 % конструкцій кожного виду

Спеціальні обстеження вперше проводяться не пізніше як через строк (після введення в експлуатацію), зазначений у табл. 3, а в подальшому – за вказівками, наведеними у висновку про технічний стан конструкцій. При відсутності таких вказівок періодичність наступних обстежень дорівнює приблизно половині строку, наведеному у таблиці 3, для будівельних конструкцій будинків і споруд (БКБіС) класу наслідків СС3, в яких відсутні крани або їх робота не є визначальною, ресурс споруди – за табл. 4

Примітка. Організація вибіркового оглядів повинна бути такою, щоб кожний конструктивний елемент був оглянутий не рідше одного разу за три роки.

Таблиця 3

Конструкції та їх елементи	Строк до першого обстеження, роки			
	У будівлях з режимом роботи конструкцій	В умовах навколишнього середовища		
		Неагресивного і слабоагресивного	Середньоагресивного	Сильноагресивного
Кроквяні і підкроквяні ферми і в'язі по них	Легким і середнім	15	12	10
	Важким і особливо важким	12	10	7
Колони і в'язі по колонах	Легким і середнім	25	20	18
	Важким і особливо важким	18	15	12
	Легким і середнім	18	12	12
	Важким	12	8	8
	Особливо важким	8	5	5
Сталева покрівля	Особливо важким	10	5	3
Інші елементи виробничих будівель	Особливо важким	30	25	20
Транспортні галереї	Особливо важким	15	10	8
Витяжні труби	Особливо важким	15	10	5

Періодичність проведення робіт із спостереження і обстеження для будівельних конструкцій будинків і споруд (БКБіС) класу наслідків СС3, в яких відсутні крани або їх робота не є визначною, ресурс споруди.

Таблиця 4

Тип спостереження і обстеження для споруд класу наслідків СС3	Категорія відповідальності конструкцій за ДБН В.1.2-14		
	А	Б	В
Моніторинг агресивності зовнішнього середовища експлуатації	На усіх етапах проектування, будівництва, експлуатації відповідно до робочої програми моніторингу	На всіх етапах проектування, будівництва, експлуатації відповідно до робочої програми моніторингу	За необхідністю
Динамічний моніторинг для сейсмічних районів	На всіх етапах проектування, будівництва, експлуатації відповідно до робочої програми моніторингу	За необхідністю	За необхідністю
Технічний огляд	Приймається за ТИ 34-70-049-86	Приймається за ТИ 34-70-049-86	Приймається за ТИ 34-70-049-86
Інструментальні обстеження	Для БКБіС, які не відносяться до СГО ЛСБ з %%-ним напрацюванням від проектного ресурсу: ≤50%- не рідше 1 разу на 8 років; >50%- не рідше 1 разу на 4 роки. Для інших БКБіС – 1 раз на 5 років	1 раз на 10 років	1 раз при складанні паспорта

Продовження таблиці 4

Тип спостереження і обстеження для споруд класу наслідків ССЗ	Категорія відповідальності конструкцій за ДБН В.1.2-14		
	А	Б	В
Спеціалізовані інструментальні обстеження і визначення технічного стану БКБіС, які відносяться до систем герметичного огороження локалізуючих систем безпеки (СГО ЛСБ)	Для БКБіС, які не відносяться до СГО ЛСБ з %%-ним напрацюванням від проектного ресурсу: ≤50% – не рідше 1 разу на 8 років; >50% – не рідше 1 разу на 4 роки. Для інших БКБіС – 1 раз на 5 років. Мінімальний період не регламентується	Для БКБіС, які не відносяться до СГО ЛСБ з %%-ним напрацюванням від проектного ресурсу: ≤50% – не рідше 1 разу на 8 років; >50% – не рідше 1 разу на 4 років. Для інших БКБіС – 1 раз на 5 років Мінімальний період не регламентується	Для БКБіС, які не відносяться до СГО ЛСБ з %%-ним напрацюванням від проектного ресурсу: ≤50% – не рідше 1 разу на 8 років; >50% - не рідше 1 разу на 4 роки. Для інших БКБіС – 1 раз на 5 років. Мінімальний період не регламентується
Позачергові інструментальні обстеження	Після аварійних ситуацій, техногенно-природних, техногенно-експлуатаційних і інших екстремальних випадків	Після аварійних ситуацій, техногенно-природних, техногенно-експлуатаційних і інших екстремальних випадків	Після аварійних ситуацій, техногенно-природних, техногенно-експлуатаційних і інших екстремальних випадків
Інструментальні обстеження системи «основа-фундамент-споруда» за деформаціями: - у перший рік експлуатації; - до стабілізації деформацій; - після стабілізації деформацій	4 рази на рік 2 рази на рік 1 раз на 2 роки	2 рази на рік 1 раз на рік 1 раз на 3 роки	1 раз на рік 1 раз на рік 1 раз на 5 років
Контроль деформацій автоматизованими системами (крен, ухил, розкриття тріщин)	Постійно	За необхідністю	За необхідністю

Закінчення таблиці 4

Тип спостереження і обстеження для споруд класу наслідків ССЗ	Категорія відповідальності конструкцій за ДБН В.1.2-14		
	А	Б	В
Контроль параметрів будівельних конструкцій	Відповідно до робочої програми моніторингу	Відповідно до робочої програми моніторингу	Відповідно до робочої програми моніторингу
Контроль агресивності середовища автоматизованими системами в невідвідуваних приміщеннях	Постійно	Постійно	За необхідністю
Контроль режимів експлуатації, навантажень і впливів, агресивності середовища експлуатації у відвідуваних приміщеннях	Відповідно до робочої програми моніторингу	Відповідно до робочої програми моніторингу	Відповідно до робочої програми моніторингу

Примітка:

1. Рішення щодо періодичності проведення робіт встановлюється в робочій програмі моніторингу в залежності від стану БКБіС, а також рівня повної інформаційної бази.
2. Деформація включає:
 - прогини, вигини, вертикальні і горизонтальні переміщення, крени, ухили, тріщини;
 - зміст типових програм виконання робіт з моніторингу і обстеження сталевих конструкцій і середовища експлуатації.

Моніторинг метеорологічних і аерологічних умов будівельного майданчика наведено в [7].

Динамічний моніторинг будівельних конструкцій наведено в [6].

Моніторинг основ, ґрунтів та ґрунтових вод наведено в [8].

Перевірка стану металоконструкцій

Перевірка стану металевих конструкцій – основний за об'ємом і значимістю вид робіт при експертному обстеженні конструкцій. Перевірка включає:

- зовнішній огляд несучих елементів металевих конструкцій;
- перевірку елементів металевих конструкцій одним із видів неруйнівного контролю;
- перевірку якості з'єднань елементів металевих конструкцій (зварних, болтових, фрикційних, шарнірних тощо);
- вимір залишкових деформацій балок, ферм і окремих пошкоджених елементів;
- оцінку ступеня корозії несучих елементів металевих конструкцій;
- оцінку втоми металу;
- оцінку наявних тріщин та стійкості до крихкого руйнування;
- оцінку стійкості і міцності.

На початку обстеження металеві конструкції, особливо місця їх можливого пошкодження, повинні бути очищені від сміття бруду, корозії, снігу, надлишку вологи і мастил. Зовнішній огляд слід виконувати із застосуванням простих оптичних засобів, фотоапаратів і переносних джерел світла, при цьому особлива увага повинна приділятися наступним місцям можливого виникнення пошкоджень:

- ділянкам зміни перерізу;
- ділянкам, перерізанам шпонковими або шліцевими канавками, а також тим, які мають нарізну різьбу;
- місцям, які піддавалися пошкодженням або ударам під час монтажу та перевезення;
- місцям, в яких виникають значні напруження, корозія, знос, втома;
- ділянкам, які мають ремонтні зварні шви.

При проведенні зовнішнього огляду необхідно звертати особливу увагу на наявність наступних дефектів та пошкоджень:

- тріщини в основному металі, зварних з'єднаннях і зоні навколо шва (зоні термічного впливу), признаками наявності яких є лущення фарби, місцева корозія, підтікання іржі тощо;
- механічні пошкодження;
- розшарування основного металу;
- неякісне здійснення ремонтно-зварних з'єднань;
- люфтів шарнірних з'єднань, послаблених болтовими і клешковими з'єднаннями.

При виявленні механічних пошкоджень металевих конструкцій (вм'ятин, викривлення, розриву і т.і.) вимірюють їх розміри (довжину, ширину, висоту і глибину). Потім розміри пошкоджень слід порівняти з критичними значеннями розмірів подібного пошкодження для металевих конструкцій даного типу [2] і, у випадку перевищення нормативних значень, пошкодження зафіксувати в відомості пошкоджень, форма якої наведена в [4].

Контроль стану болтових і клепоквих з'єднань металевих конструкцій рекомендується виконувати в відповідності до Інструкції з оцінки технічного стану болтових і клепоквих з'єднань вантажопідйомних кранів [2].

При обстеженні металокопструкцій слід враховувати, що втомні тріщини виникають, у першу чергу, в зонах концентрацій місцевих напружень, а саме:

- у вузлах кріплення розкосів, стояків, косинок до поясів;
- в елементах з перепадом поперечних перерізів;
- у місцях закінчення накладок, ребер;
- у зонах отворів з необробленими, пропаленими або завареними кромками;
- у місцях перетину зварних швів;
- у зонах перепаду товщини з'єднувальних листів (з'єднань);
- у місцях повторної заварки тріщин в зварних швах і т.і.

При виявленні тріщин в металокопструкціях або у зварному шві зони їх виникнення підлягають додатковій перевірці одним із видів неруйнівного контролю відповідно до вимог НД.

Вибір виду неруйнівного контролю для конкретної конструкції визначає експертна комісія.

При оцінюванні деформацій металокопструкцій необхідно звертати увагу на дефекти, які призводять до зниження несучої здатності конструкції:

- відхил від прямолінійності;
- кручення прогонових конструкцій;
- неспіввісність з'єднань;
- наявність залишкових прогинів прогонових балок, кронштейнів, консолей тощо;
- викривлення форми елемента.

Можливими місцями виникнення корозії є:

- замкнуті простори;
- опорні вузли;

- зазори і щілини, які утворилися внаслідок нещільного кріплення елементів;
- зварні з'єднання, які виконані переривчастим швом.

Ступінь корозійного зносу визначається за допомогою вимірального інструмента або методами неруйнівного контролю.

Дефектоскопія металоконструкцій виконується ультразвуковими, акусто-емісійними, магніто-емісійними, капілярними і іншими методами неруйнівного контролю.

Зони корозії наносяться на схеми металоконструкцій з вказівкою розмірів пошкоджень і координат місцезнаходження.

Особливу увагу слід звертати на відповідність паспортних значень марок сталей, з яких виготовляють несучі металеві конструкції, фактичним (особливо, якщо були ремонти металоконструкцій) відповідно до вимог нормативних документів (НД) за температурними можливостями їх використання.

Визначення на підставі обстежень характеристик матеріалів металевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації

У відповідності до [10] при обстеженні металоконструкцій необхідно визначити якість сталі, з якої виготовлені конструкції, а саме, встановити марку сталі, відповідність властивостей сталі стандарту на сталь цієї марки і її розрахунковим характеристикам. Для цього, за необхідністю, визначають її наступні характеристики:

- марку сталі або її аналог в відповідності з діючими (або з тими, що діяли на момент будівництва) ГОСТ, ДСТУ і ТУ на поставку металу;
- характеристики міцності для статичного навантаження – границя текучості, тимчасовий опір;
- пластичність – відносне видовження і відносне звуження зразка після його розриву;
- схильність до крихкого руйнування – величину ударної в'язкості при різних температурах і внаслідок старіння, величини критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень нормального відриву, поперечного і поздовжнього зсуву берегів тріщин;
- зварюваність (в необхідних випадках);
- корозійну стійкість;
- витривалість та стійкість до втоми;
- циклічну тріщиностійкість;
- стійкість до зносу;
- стійкість до старіння.

Регламентний комплекс властивостей сталей, який потрібен для групи конструкцій і умов їх експлуатації, встановлюється в відповідності до СНиП II-23 (таблиці 50, 53), СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-168:2010 або ДБН В.2.6-198:2014.

Вхідними матеріалами для оцінки якості сталі є робочі креслення і сертифікати на метал, електроди, дроти для зварювання, метвироби, а також нормативні документи, які діяли в період будівництва споруди.

При відсутності робочих креслень або сертифікатів, а також за недостатності повідомлень, що в них містяться, при виявленні в конструкції пошкоджень, які могли бути утворені внаслідок низької якості сталі (розшарування, крихкі тріщини, і т. і.) а також при пошуку резервів несучої здатності конструкцій визначення якості сталі здійснюються шляхом лабораторних досліджень зразків, виготовлених з проб, які були відібрані з конструкцій, що досліджуються.

При лабораторному дослідженні зразків сталі, за необхідності, визначають хімічний склад, механічні характеристики та інші показники для оцінки стану металу конструкції, що досліджується.

З елементів конструкцій проби відбираються в місцях з найменшим напруженням – з неприкріплених полиць кутів, полиць на кінцевих ділянках балок тощо. При відборі проби повинна бути забезпечена міцність даного елемента конструкції, в необхідних випадках місця відбору повинні бути посилені або влаштовані страхувальні засоби.

Відбір проб металу з металевих конструкцій, виготовлених і випробуваних зразків сталі з ціллю визначення їх характеристик здійснюють у відповідності до технічного завдання або програми робіт з урахуванням вимог стандартів.

Порядок відбору проб (зразків) для визначення хімічного складу здійснюють у відповідності до ГОСТ 7565.

Хімічний аналіз сталі здійснюють за ГОСТ 22536.0.

Допускається здійснювати визначення хімічного складу сталі методом фотоелектричного спектрального аналізу за ГОСТ 18895 і методом спектрографічного аналізу за ГОСТ 27809.

Порядок відбору проб для механічних випробувань зразків здійснюється в відповідності до ГОСТ 7564.

Виготовлення зразків і їх випробування на розтягнення здійснюється за ГОСТ 1497 або ДСТУ.

Нормативні значення границі текучості або тимчасового опору сталі визначають на підставі зразків, відібраних з конструкцій і випробуваних у відповідності до ГОСТ 1497, або призначаються в відповідності до марок сталей конструкцій, що досліджуються, в відповідності до норм, які діяли в період виплавки сталі, що досліджується.

Марку сталі встановлюють на підставі хімічного або спектрального аналізу шляхом порівняння з нормами діючих стандартів.

Розрахункові опори сталі R_y знаходять шляхом ділення нормативних значень границі текучості R_{yn} на коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m , який приймають: для конструкцій виготовлених до 1932 р., і для сталей, у яких отримані при випробуванні значення границі текучості нижче 215 МПа, – 1,2; для конструкцій, виготовлених в 1932–1982 рр., і для сталей з границею текучості нижче 380 МПа – 1,1; для сталей з границею текучості вище 380 МПа – 1,15; для конструкцій, виготовлених після 1982 р., – за СНиП II-23, СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-168:2010 або ДБН В.2.6-198:2014.

Розрахункові опори сталі не повинні перевищувати значень, які встановлені ГОСТами, що діяли в період виплавки сталі, яка досліджується (див. таблицю В.3 Додатка В СП-13-102).

Для елементів конструкцій, які мають корозійний знос із втратою, більшою за 25 % площі поперечного перерізу або залишкову після корозії товщину 5 мм і менше, розрахункові опори повинні помножуватися на коефіцієнт γ_w , який приймається таким, що дорівнює 0,95 для слабоагресивних, 0,9 – для середньоагресивних і 0,85 – для сильноагресивних середовищ експлуатації.

Для визначення якості сталі заклепок в заклепкових з'єднаннях визначають хімічний склад металу заклепок і його тимчасовий опір зрізу. Хімічний склад сталі заклепок визначають за ГОСТ 22536.0.

Тимчасовий опір зрізу металу заклепок допускається визначати за результатами випробувань на розтягнення за ГОСТ 1497 стандартних циліндричних зразків діаметром 10 мм, вирізаних з цих заклепок (якщо діаметр заклепок більше 10 мм). При цьому значення тимчасового опору зрізу приймають таким, що дорівнює добутку тимчасового опору на коефіцієнт 0,58.

При визначенні механічних властивостей сталей болтів здійснюють випробування болтів на розрив, випробування зразків на розтягнення, вимірювання твердості, а в необхідних випадках визначають ударну в'язкість і величини критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень нормального відриву на зразках з тріщинами. Для гайок вимірюють твердість. Випробування болтів на розрив здійснюють з навертанням гайки за ГОСТ 1759.0.

Хімічний склад сталі болтів визначають за ГОСТ 22536.0.

Розрахунковий опір зрізу R_{bs} і розтягненню R_{bt} болтів, а також стисненню елементів, з'єднаних болтами, R_{bp} визначають за СНиП II-23, СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-168:2010 або ДБН В.2.6-198:2014. Якщо клас міцності болтів встановити неможливо, тоді розрахунковий опір приймають як для болтів класу міцності 4,6 при розрахунку на зріз і класу міцності 4,8 при розрахунку на розтягання.

Контроль якості зварних з'єднань металевих конструкцій необхідно здійснювати методом, вказаним в таблиці 40 СНиП 3.03.01 або СП 70.13330.

При оцінці якості сталі зварних з'єднань, за необхідністю, визначають механічні властивості металу шва випробуванням на розтягнення циліндричних зразків із зварного шва, ударну в'язкість металу шва і зони біля шва (зони термічного впливу) при одній з негативних температур – мінус 20 °С або мінус 40 °С; міцність і пластичність стикових зварних з'єднань – випробуванням на розтягнення та згин в холодному стані плоских зразків зварних з'єднань; твердість металу шва і зони біля шва; опір крихкому руйнуванню, величини критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень нормального відриву металу шва – випробуванням на розтягнення компактних зразків із зварного шва з тріщиною і те саме – зони біля шва. Вимоги до зразків, їх відбору і до методів випробувань повинні відповідати ГОСТ 6996 і ГОСТ 215.506.85.

Розрахунковий опір зварних з'єднань призначають з урахуванням марок сталей, зварювальних матеріалів, видів зварювання, положення швів і засобів контролю, використовуючи вказівки СНиП II-23, СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-168:2010 або ДБН В.2.6-198:2014. При відсутності таких даних для кутових швів можна прийняти, що нормативне значення тимчасового опору металу швів R_{wm} дорівнює нормативному значенню тимчасового опору сталі елемента R_{un} , $\gamma_{wm} = 1,25$, коефіцієнт $\beta_f = 0,7$ і $\beta_z = 1,0$, коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 0,8$; для розтягнутих стикових швів розрахунковий опір металу шва за границею текучості $R_{wy} = 0,55R_y$ для конструкцій, виготовлених до 1972 р., і $R_{wy} = 0,85R_y$ для конструкцій, виготовлених після 1972 р.

За необхідністю, умови конструкцій із застосуванням електрозварювання визначаються здатністю до зварювання сталі елементів, на які посилюються шляхом порівняння їх вуглецевого еквівалента, який не повинен бути більше 0,62.

В чавунних конструкціях або їх елементах визначення якості чавуну здійснюють шляхом лабораторного дослідження його хімічного складу. Приблизний хімічний склад відливок із сірого чавуну наведений в таблиці В.4. Додатка В. СП-13-102. Хімічний аналіз здійснюють за ГОСТ 22536.0.

Розрахункові опори чавуну за результатами хімічного аналізу приймають:

- для конструкцій, збудованих до 1981 р. – за таблицею В.5 Додатка В. СП-13-102;
- для конструкцій, збудованих пізніше – за таблицею 54 СНиП II-23.

Перевірочні розрахунки

Перевірочний розрахунок виконується для будівель і споруд в цілому та для окремих сталевих конструкцій та їх елементів, в яких виявлені дефекти, що впливають на зниження несучої здатності (зменшення площі робочих перерізів, недопустимі вигини); зниження характеристик міцності матеріалів у порівнянні з проектними; збільшення фактичних експлуатаційних навантажень у порівнянні з проектними значеннями; сполучення перелічених факторів при зміні інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов майданчика з розвитком нерівномірних деформацій основи.

У разі необхідності, перевірочні розрахунки сталевих конструкцій з пошкодженнями і зміненими механічними властивостями виконуються на:

- статичну міцність;
- стійкість форми та положення;
- циклічну міцність (витривалість, втому);
- довготривалу циклічну міцність (вібрацію);
- циклічну тріщиностійкість;
- опір крихкому руйнуванню;
- довготривалу статичну міцність (повзучість);
- прогресуючу зміну форми;
- сейсмостійкість;
- стійкість до смерчу;
- стійкість до пожежі;
- стійкість до вибухів;
- стійкість до ударів предметів;
- стійкість до інших техногенних впливів і навантажень.

Блок схема розрахунку металевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації наведена на рисунку 3.

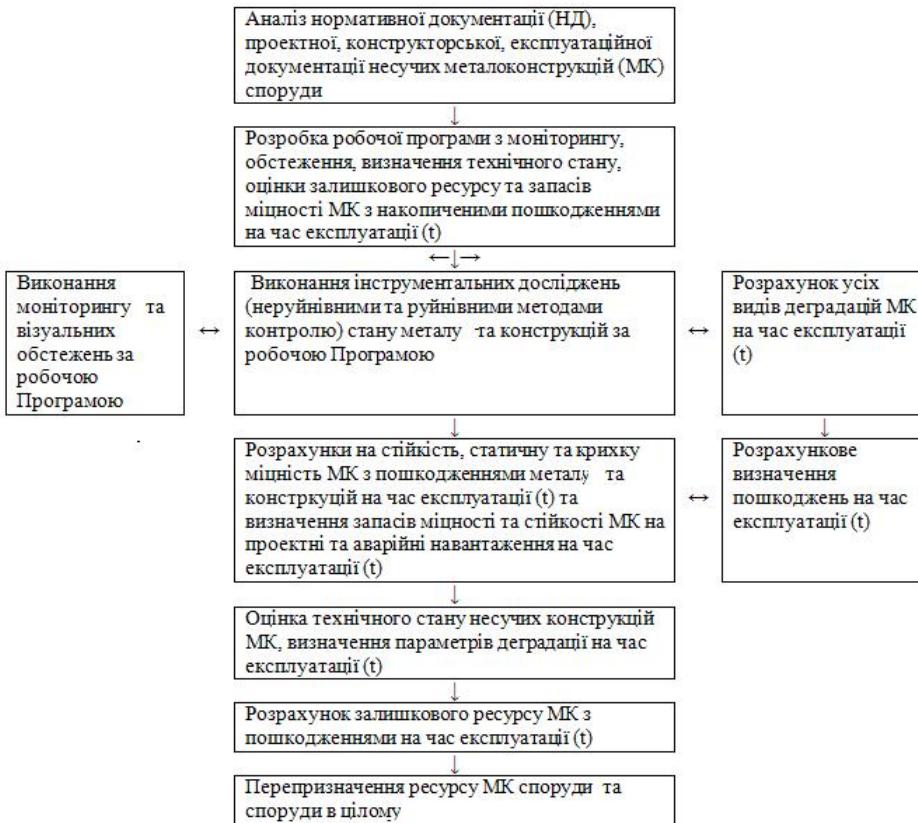


Рис. 3. Блок схема розрахунку металевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації

Методика перевірного розрахунку сталевих стрижневих конструкцій з пошкодженнями на статичну міцність, на опір крихкому руйнуванню викладена в [13]; зварних з'єднань на витривалість (циклічну міцність), на циклїчну тріщиностійкість – в [17]; фрикційних з'єднань на довговічність – в [16]; болтових з'єднань на циклїчну тріщиностійкість і опір крихкому руйнуванню – в [15]; зварних з'єднань ферм на опір крихкому руйнуванню – в [14]; сталевих конструкцій на сейсмостійкість – в [20]; оцінка небезпечності смерчу для металевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації – в [21]; категорії небезпек металевих конструкцій АЕС, ресурс яких збігає, визначається за [23]; методи оцінки корозійного і деформаційного ресурсу сталей, герметиків приведені в [24–30].

Висновки

1. Викладені основні положення з моніторингу металевих конструкцій АЕС, що знаходяться в експлуатації. Моніторинг металевих конструкцій є частиною більш загальної задачі з управління надійністю будівель і споруд АЕС, що експлуатуються і проектний ресурс яких закінчився або закінчується.

2. Отримані результати цієї роботи дозволять розробляти робочі програми з моніторингу будівель і споруд АЕС України, а також нові редакції нормативних документів з визначення технічного стану та залишкового ресурсу сталевих конструкцій. Ці документи можуть містити методи визначення деградації, дефектів і пошкоджень металевих конструкцій, методи визначення технічного стану, залишкової довговічності, залишкового ресурсу металевих конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються.

Література

- [1] Мониторинг строительных конструкций АЭС. Основные положения : РД ЭО 0624-2005. – Киев : ГП НАЭК «Энергоатом», 2005, –52 с. – (Депонирован в отделе стандартизации департамента по управлению документацией и стандартизации исполнительной дирекции по качеству и управлению НАЭК«Энергоатом», № 257).
- [2] Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації : ДБН 362-92. – Офіц. вид. – К. : Державний комітет України в справах архітектури, будівництва та охорони історичного середовища, 1995. – 48 с. – (Державні будівельні норми України).
- [3] Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014 – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України Київ, 2014. – 199 с. – (Державні будівельні норми України).
- [4] Рекомендации по обследованию стальных конструкций производственных зданий / Госстрой СССР, СОЮЗМЕТАЛЛОСТРОЙНИИПРОЕКТ. – Москва, 1988. – 104 с.
- [5] Диагностирование стальных конструкций. Методическая документация в строительстве : МДС 53-2.2004 / ООО «Институт проблем технической диагностики и неразрушающих методов испытаний «ДИМЕНС-тест» и Федеральное государственное унитарное предприятие «Конструкторско-технологическое бюро бетона и железобетона» . М., 2005. – 16 с.

- [6] Динамический мониторинг строительных конструкций объектов использования атомной энергетики. Руководство по безопасности : РБ-045-08 / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Москва, 2008. – 3 с.
- [7] Мониторинг метеорологических и аэрологических условий в районах размещения объектов использования атомной энергии : РБ-046-08 / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Москва, 2008. – 4 с.
- [8] Методические указания по наблюдению за осадками фундаментов, деформациями конструкций зданий и сооружений и режимом грунтовых вод на тепловых и атомных электростанциях : РД 34.21.322 (МУ 34-70-084-84) / Союзтехэнерго. – М., 1985. – 73 с.
- [9] Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Часть 2. Краны стреловые общего назначения и краны-манипуляторы грузоподъемные : РД 10-112-2-09. – Изд. Офиц. – Введены в действие с 1.05.2009. – М. : Союзтехэнерго, 2009. – 86 с.
- [10] Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : СП-13-102-2003. – Изд. офиц. – Москва : Минрегион России, 2003, – 31 с. – (Свод правил по проектированию и строительству. Система нормирования документов в строительстве).
- [11] Оцінка технічного стану будівельних сталевих конструкцій, що експлуатуються : ДСТУ-Н Б В.2.6-XXX:201X [Електронний ресурс] – Київ : Мінрегіон України, 201X. – 80 с. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.urdisc.com.ua/rl/info/dstu-n%20b.v.2.6-xxx.pdf> – Назва з екрана.
- [12] Эксплуатация технологического комплекса. Мониторинг строительных конструкций АЭС. Общие положения : СОУ НАЕК 109:2016. – Киев : НАЭК, 2016. – 48 с. – (Стандарт государственного предприятия «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом»).
- [13] Матченко Т. І. Розрахунок елементів сталевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації, на статичну міцність і опір крихкому руйнуванню / Т. І. Матченко // Наука та будівництво. – 2016. – № 2(8). – С. 28–34.
- [14] Матченко Т. І. Розрахунок вузлів ферм на опір крихкому руйнуванню / Т. І. Матченко // Будівництво України. – 2016. – № 4. – С. 33–41.
- [15] Шаміс Л. Б. Розрахунок болтових з'єднань на циклічну тріщиностійкість і крихку міцність / Л. Б. Шаміс // Будівництво України. – 2016. – № 1. – С. 27–34.

- [16] Матченко Т. І. Методика розрахунку довговічності фрикційних з'єднань сталевих конструкцій / Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко // Будівництво України. – 2015. – № 2–3. – С. 44–51.
- [17] Матченко Т. І. Розрахунок зварних елементів сталевих конструкцій на витривалість і циклічну тріщиностійкість / Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко // Будівництво України. – 2015. – № 1. – С. 37–44.
- [18] Матченко Т. І. Розрахунок на статичну міцність, опір крихкому руйнуванню та циклічну тріщиностійкість сталевих трубопроводів АЕС, не важливих для безпеки / Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, Л.Ф. Первушова // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2015. – Вип. 25. – С. 15–24.
- [19] Матченко Т. І. Класифікація механізмів деградації і середовищ експлуатації конструкційних сталей будівельних конструкцій / Т.І. Матченко // Будівництво України, – 2016. – № 5. – С. 10–18.
- [20] Матченко Т. І. Оцінка запасів сейсмостійкості сталевих конструкцій будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, та визначення їх залишкового ресурсу / Т.І. Матченко, Л.Б. Шаміс, П.Т. Матченко // Будівництво України. – 2015. – № 6. – С. 33–41.
- [21] Матченко П. Т. Оцінка смерч-небезпечності металевих конструкцій АЕС, що знаходяться в експлуатації / П. Т. Матченко // Наука та будівництво. – 2016. – № 3(9). – С. 40–48.
- [22] Матченко Т. І. Визначення і вдосконалення правил і норм в атомній енергетиці з продовження залишкового ресурсу будівельних металевих конструкцій / Т. І. Матченко // Збірник наукових праць УкрНДІпроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського. – 2008. – Вип. 2. – С. 110–128.
- [23] Матченко П. Т. Визначення категорій небезпек металевих конструкцій АЕС, ресурс яких збігає / П. Т. Матченко // Будівництво України. – 2016. – № 4. – С. 9–15.
- [24] Матченко Т. І. Методика оцінки корозійного ресурсу зварних з'єднань конструкційних сталей / [Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко, Л. Ф. Первушова] // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль, 2010. – Вип. 14. – С. 78–84.
- [25] Матченко Т. І. Методика оцінки корозійного ресурсу зварних з'єднань конструкційних сталей / [Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко, Л. Ф. Первушова] // Нові технології в будівництві. – 2010. – № 1. – С. 71–75.
- [26] Матченко Т. І. Методика оцінки деформаційного ресурсу зварних з'єднань конструкційних сталей / [Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко, Л. Ф. Первушова] // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль, 2011. – Вип. 15.

- [27] Шаміс Л. Б. Моделювання старіння сталей при визначенні ресурсу металевих конструкцій АЕС / Л. Б. Шаміс, Т. І. Матченко, Л. Ф. Первушова // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль. 2010. – Вип. 13. – С. 94–102.
- [28] Матченко Т. І. Методика оцінки залишкового ресурсу елементів сталевих ферм машинних залів АЕС / [Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко, Л. Ф. Первушова] // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль, 2011. – Вип. 15.
- [29] Матченко Т. І. Методика оцінки ресурсу ущільнювачів і герметиків будівельних конструкцій / [Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, П. Т. Матченко, Л. Ф. Первушова] // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль, 2011. – Вип. 15.
- [30] Шаміс Л. Б. Методика визначення залишкового ресурсу облицювання сховища відпрацьованого ядерного палива за результатами випробувань зразків / Л. Б. Шаміс, Т. І. Матченко, Л. Ф. Первушова // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – Чорнобиль. 2010. – Вип. 14. – С. 69–77.

Надійшла до редколегії 18.11.2016 р.