

# ЛЕКЦІЯ 10

## ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ І ПОБУТОВИХ БУДІВЕЛЬ

### План

1. Порядок обстеження технічного стану і техніка безпеки
2. Пристрої для встановлення дефектів будівельних конструкцій

### Порядок обстеження технічного стану і техніка безпеки

Технічна програма обстеження включає в себе наступні роботи:

- підбір та вивчення технічної документації з проектування, будівництва та експлуатації ПБ і С, визначення на місці її відповідності технічним завданням на обстеження, об'єкту обстеження в цілому, а також результатами попередніх оглядів; узгодження технічної програми і термінів виконання робіт із замовником;

- ознайомлення з об'єктом обстеження, його попереднє візуальне огляд з метою перевірки достатності виконаних замовником підготовчих робіт та уточнення необхідності проведення додаткових робіт з підготовки робочих місць; визначення місць відбору проб матеріалів, необхідності проведення інструментальних вимірювань та обсягів робіт;

- натурне обстеження будівельних конструкцій - збір даних по навантаженнях, визначення прогинів і деформацій, вимірювання перерізів, виявлення ступеня зносу будівельних конструкцій шляхом виявлення в них дефектів і пошкоджень, фізичного зносу, визначення міцності бетонів і розчинів неруйнівними методами контролю, проведення розтинів намічених зон і ділянок, відбору проб і проведення лабораторних випробувань матеріалів;

- виявлення ступеня і причин фізичного зносу елементів конструкцій ПБ і С на підставі аналізу даних обстеження, що пред'являються замовником відомостей за умовами експлуатації ПБ і С і перевірочних розрахунків за видами конструкцій, складання відомості дефектів, розробка та добірка схем, ескізів і фотографій пошкоджених ділянок;

- розробка технічного звіту або укладення з висновками про стан та рекомендаціями щодо усунення дефектів і підвищення надійності обстежуваних ПБ і С, а також по можливості використання їх будівельних конструкцій для цілей реконструкції.

Обсяги робіт з обстеження ПБ і С залежать від стану будівельних конструкцій, їх загального обсягу та різновиди реконструкції і визначаються в кожному конкретному випадку технічним завданням на обстеження.

При обстеженні ПБ і С потрібно проводити наступні вимірювання та дослідження.

Відповідальність за надання матеріалів з обмірюваннях ПБ і С несе замовник. Для виконання непритомних робіт замовник залучає спеціалізовані організації або генпроектувальника.

Визначення деформацій, прогинів, глибини, довжини і ширини розкриття тріщин в конструкціях, а в окремих випадках і контрольні вимірювання осідання.

Роботи проводить основний виконавець.

Визначення міцності бетону в бетонних і залізобетонних конструкціях неруйнівними методами контролю, товщини захисного шару в них і стану арматури. Вимірювання виконує основний виконавець. Якість застосованої арматурної сталі визначається (як і для сталевих конструкцій) виконавцем за її технічними характеристиками, представленими замовником (результати випробувань образів, паспорти, сертифікати та ін.)

Визначення вологості матеріалів і виробів. Роботу виконує замовник силами власного або залученого з енергосистеми персоналу (хімічних цехів, служб тощо) на зразках матеріалів (пробах), відібраних з конструкцій. Відбір проб проводиться замовником з місць і конструкцій, зазначених виконавцем. Аналогічно організуються роботи з визначення хімічних властивостей матеріалів (рН, хімічний склад і ін.)

Вимірювання температури і відносної вологості повітря, визначення наявності агресивних газів.

Характеристики узагальнюються виконавцем за наявними у замовника матеріалами досліджень.

Вимірювання температури і вологості елементів огорожувальних конструкцій, а також поверхонь несучих конструкцій і фундаментів, що піддаються при експлуатації систематичного або періодичного нагрівання (фундаменти турбоагрегатів, перекриття деаераторного і котельного відділень, димові труби тощо).

Дані роботи виконуються за допомогою залученої субпідрядної організації - співвиконавця.

Узагальнення результатів вимірювань за наявними у замовника матеріалами і окремі контрольні вимірювання здійснюються основним виконавцем.

Визначення ступеня агресивності технологічних викидів - парів, газів, розчинів, мастил на будівельні конструкції.

Відбір проб з конструкцій і необхідні вимірювання (хімічний склад, рН та ін) здійснює замовник власними силами або із залученням при необхідності співвиконавця за окремим договором.

Інші виміри, зумовлені специфікою виробництва електричної та теплової енергії (визначення впливу вібрації на будівельні конструкції, виявлення блукаючих струмів, вимірювання теплових потоків і ін), виробляються виконавцем або співвиконавцем за окремим договором.

При обстеженні експлуатаційної середовища рекомендується максимально використовувати всі наявні в розпорядженні замовника відомості за раніше проведених досліджень і перевірок.

Для ПБ і С є характерними наступні види руйнувань матеріалів:

- корозія бетону і сталі в будівельних конструкціях деаераторної і бункерних відділень з-за витоку води і водяної пари з технологічного обладнання, трубопроводів та їх арматури;

- корозія бетону і сталі в покриттях внаслідок загазованості та запиленості

повітря з одночасним впливом вологи;

- руйнування покрівельних і стінових огорожень викидами конденсату;
- руйнування ущільнення стиків стінових панелей в головних корпусах і в приміщеннях через значних коливань температури і вологості повітря всередині приміщень;

- руйнування футерівки і несучого стовбура окремих конструкцій димових труб, особливо в результаті спалювання палива з підвищеним вмістом сірки, при температурі газів нижче точки роси, а також аналогічні руйнування стін газоходів;

- руйнування бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій у приміщеннях і спорудах з-за витоку і проток агресивних розчинів кислот, лугів і солей (в ємностях, каналах, складах реагентів і т.п.).

Замовник зобов'язаний надати на вимогу спеціалізованої організації-виконавця робіт необхідні відомості по агресивності експлуатаційних середовищ.

Відповідальний керівник організації, яка виконує обстеження ПБ і С, в залежності від поставлених завдань повинен оцінити повноту і достовірність пред'явлених йому відомостей з експлуатаційної середовищі та в разі необхідності вимагати проведення додаткових досліджень.

Облік впливу температури і відносної вологості зовнішнього повітря на ПБ і С виконується за даними місцевих метеостанцій.

Виявлення закономірностей розподілу температур і вологості повітря за обсягом приміщення проводиться за допомогою засобів вимірювань. Поперечні перерізи будівель, в яких проводяться вимірювання, вибираються з урахуванням можливого впливу працюючого технологічного обладнання, систем вентиляції та аерації будівель.

Результати вимірювань зіставляються з нормативними значеннями температури і відносної вологості повітря в приміщенні. При цьому слід враховувати результати вимірювань, проведених раніше експлуатаційним персоналом.

Спеціалізована організація під час обстеження визначає обсяги і глибину ушкодження будівельних конструкцій ПБ і С з урахуванням виду агресивності середовища, намічає ділянки і контролює відбір проб матеріалів з конструкцій, виконує аналіз представлених замовником відомостей по середовищу і матеріалами, визначає достовірність і достатність цих відомостей, при необхідності виконує разом із замовником додаткові контрольні вимірювання і на підставі зіставлення результатів намічає заходи щодо підвищення надійності ПБ і С і оздоровлення експлуатаційної середовища.

Вимірювання загазованості та запиленості повітря в необхідних випадках слід проводити по можливості одночасно з вимірюваннями його температури і вологості.

Відбір проб матеріалів, золи і пилу з димових труб, газоходів, бункерів та інших спецспоруд слід проводити при розтині їх внутрішньої поверхні в характерних точках (з різним температурно-вологісним режимом середовища, її тиском і т.п.). Кількість цих точок має бути зведено до мінімуму, але не менше трьох, і перед початком робіт погоджено із замовником.

**Аналіз результатів обстеження та розробка рекомендацій.** Всі матеріали обстеження ПБ і С відображаються в технічному звіті або висновку про стан будівельних конструкцій. До висновку додається відомість дефектів будівельних конструкцій.

Текстова частина технічного звіту (висновку) має містити такі відомості:

- перелік об'єктів обстеження, їх короткі технічні характеристики та опис застосованих у них будівельних конструкцій, підданих обстеженню, а також відомості про плановану реконструкції та її вплив на існуючу будівельну частину ПБ і С;

- результати обстеження будівельних конструкцій, включених до технічного завдання на обстеження, із зазначенням виявлених дефектів і пошкоджень, порушень норм і правил їх експлуатації та основних причин появи і розвитку дефектів і пошкоджень;

- оцінку технічного стану ПБ і С і будівельних конструкцій на період обстеження;

- рекомендації щодо усунення виявлених дефектів і пошкоджень, порушень норм і правил експлуатації, оздоровлення експлуатаційної середовища після реконструкції.

У додатках до технічного звіту (висновку) повинні міститися:

- копія технічного завдання на обстеження;

- відомість дефектів будівельних конструкцій, що містить деталі вузлів пошкоджених конструкцій у вигляді ескізів, креслень, схем, фотографій,

- результати лабораторних випробувань відібраних зразків матеріалів, проведених замовником, виконавцем і залученими організаціями, і при необхідності повірочних розрахунків окремих будівельних конструкцій;

- матеріали з контролю якості матеріалів і перевірки агресивності експлуатаційної середовища;

- перелік або при необхідності копії листів, службових записок, протоколів, актів і висновків.

Обстеження технічного стану будівельних конструкцій є самостійним напрямком будівельної діяльності, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будинків, з проведенням ремонтно-відновлювальних робіт, а також з розробкою проектної документації з реконструкції будівель та споруд.

Обсяг проведених обстежень будівель і споруд збільшується з кожним роком, що є наслідком низки факторів: фізичного і морального їх зносу, переозброєння та реконструкції виробничих будівель промислових підприємств, реконструкції малоповерхової старої забудови, зміни форм власності і різкого підвищення цін на нерухомість, земельні ділянки та ін. Особливо важливе проведення обстежень при реконструкції старих будівель і споруд, що часто пов'язано зі зміною діючих навантажень, зміною конструктивних схем і необхідністю врахування сучасних норм проектувань будівель. У процесі експлуатації будівель внаслідок різних причин відбуваються фізичний знос будівельних конструкцій, зниження і втрати їх несучої здатності, деформації як

окремих елементів, так і будівлі в цілому. Для розробки заходів щодо відновлення експлуатаційних якостей конструкцій, необхідно проведення їх обстеження з метою виявлення причин передчасного зносу зниження їх несучої здатності.

Обстеження виконуються відповідно до СП13-102-2003 «Правила обстеження несучих будівельних конструкцій будівель і споруд».

### **Пристрої для встановлення дефектів будівельних конструкцій**

#### **Прилади, апаратура та методи контролю властивостей матеріалів**

Істотне підвищення якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій може бути досягнуто за умови вдосконалення виробництва і методів контролю якості на всіх етапах будівельного виробництва. Контроль якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій проводиться двома основними способами. Перший полягає у виявленні граничних несучих здібностей об'єктів, що пов'язано з доведенням їх до руйнування. Цей спосіб ефективний при проведенні стандартних випробуваннях зразків зі сталі, бетону та інших конструкційних матеріалів. При випробуванні моделей споруд та їх фрагментів конструкції можуть доводитися до граничних станів. Що ж стосується реальних; об'єктів, то їх руйнування для виявлення граничних несучих здібностей економічно не завжди виправдано. Другий спосіб пов'язаний з виробництвом випробувань руйнівними методами, що дозволяє зберегти експлуатаційну придатність даного об'єкту без порушення його несучої здатності. Цей спосіб найбільш прийнятний при обстеженні будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. Неруйнівними методами можна, наприклад, визначити вологість-ність наповнювачів бетону, ступінь ущільнення бетонної суміші в процесі формування, щільність і міцність бетонів у виробках, провести дефектоскопію конструкцій. Руйнівні методи випробувань побудовані в основному на непрямому визначенні властивостей і характеристик об'єктів і можуть бути класифіковані за такими видами:

- метод проникаючих середовищ, заснований на реєстрації індикаторних рідин або газів, що знаходяться в матеріалі конструкції;
- механічні методи випробувань, пов'язані з аналізом місцевих руйнувань, а також вивченням поведінки об'єктів в резонансному стані;
- акустичні методи випробувань, пов'язані з визначенням параметрів пружних коливань за допомогою ультразвукової навантаження і реєстрацією ефектів акустостемії;
- магнітні методи випробувань (індукційний і магнітопорошковий);
- радіаційні випробування, пов'язані з використанням нейтронів і радіоізотопів;
- радіохвильові методи, побудовані на ефекті поширення високоякісних і надчастотних коливань в випромінюваних об'єктах;
- електричні методи, засновані на оцінці електроємна, електроіндуктивності і електроопору досліджуваного об'єкта;
- використання геодезичних приладів та інструментів при огляді і випробуваннях конструкцій.

## **Метод проникаючих середовищ**

Цей метод можна розділити на два: метод течепошук і капілярний. Перший з них використовують для контролю герметичності резервуарів, газгольдерів, трубопроводів та інших подібних споруд.

При випробуваннях водою перевіряються ємності заповнюються до позначки, що перевищує експлуатаційний рівень. У закритих судинах тиск рідини підвищується шляхом додаткового нагнітання води або повітря. При наявності дефектів вода просочується крізь нещільності або тріщини перевіряється конструкції.

Для виявлення тріщин іноді застосовують замість води гас. Завдяки малій в'язкості і незначного поверхневому натягу в порівнянні з водою гас легко проникає через пори і тріщини і виступає на протилежному боці конструкції.

У металевих ємностях поверхню зварних швів з одного боку рясно змочується або обприскується гасом, а протилежна - попередньо підбілювати водним розчином крейди і висушується. При наявності тріщин на підсохлій світлому тлі чітко виявляються іржаві плями і смуги від дії гасу.

Найпростіший спосіб, заснований на використанні стисненого повітря, складається в обдуванні швів з одного боку стисненим повітрям під тиском 4 атм у напрямку, перпендикулярному поверхні. Протилежна поверхня попередньо обмазується мильною водою. Освіта мильних бульбашок вказує на наявність наскрізних тріщин.

Для виявлення тріщин, не видимих неозброєним оком, використовується капілярний метод. Цим методом виявляють дефекти шляхом утворення індикаторних малюнків з високим оптичним контрастом і з шириною ліній, що перевищує ширину розкриття дефектів.

## **Механічні методи випробувань**

До механічних неруйнуючих методів належать методи місцевих руйнувань, пластичних деформацій і пружного відскоку. Метод місцевих руйнувань пов'язаний з деяким ослабленням несучої здатності конструкцій, оскільки зразки для випробувань витягаються безпосередньо з самої конструкції. Відбір зразків зазвичай роблять з найменш напружених елементів конструкцій, наприклад, з верхніх поясів балок у крайніх шарнірних опорах, з нульових стрижнів ферм і т.п. Після вилучення зразків з тіла конструкції необхідно відразу ж відновити конструкцію, а випробування зразків здійснити негайно. В іншому випадку необхідно вжити заходів для консервації зразків.

Раціональною є також установка бездонних форм, які закладаються в тіло конструкції при її бетонуванні і витягають потім для проведення випробувань.

У меншій мірі піддаються зовнішніх збурень конструкції при використанні прийомів, заснованих на непрямому визначенні механічних характеристик. Так, міцність бетону може бути встановлена шляхом випробування на відрив зі сколюванням. Ці випробування пов'язані або з витягом з тіла бетону заздалегідь встановлених анкерів, або з відривом з масивудеякої його частини. Прийом, заснований на визначенні міцності бетону відривом, менш трудомісткий. У цьому випадку на поверхні бетону за допомогою епоксидного клею кріплять сталевий диск, а визначення класу бетону виробляють по градуировочной залежності умовної напруги  $R = 4P / \pi d^2$  при відриві. Швидкість навантаження диска не повинна перевищувати 1 кН / с. На кожному зразку проводять випробування на відрив на двох протилежних гранях. Міцність бетону може бути встановлена шляхом сколювання ділянки ребра конструкції зусиллям  $P$ . При ширині майданчика сколювання 30 мм ребро конструкції пошкоджується на ділянці 60-100 мм. Для отримання прийнятних результатів проводять випробування на двох сусідніх ділянках і беруть середнє значення, а для побудови градуировальной залежності зусилля сколювання від міцності бетону на стиск відчувають стандартні бетонні куби зі стороною 200 мм.

Метод пластичних деформацій заснований на оцінці місцевих деформацій, викликаних додаванням до конструкції зосереджених зусиль. Цей метод заснований на залежності розмірів відбитка на поверхні елемента, отриманого при вдавливанні индентора статистичними або динамічним впливом, від міцності матеріалу. Гідність цього метода - в його технологічної простоті, недолік - в оцінці міцності матеріалу за станом поверхневих шарів.

При визначенні міцності бетону користуються приладами як статичної дії (штамп НііЖБе і прилад М.А. Новгородського), так і ударної (молоток К.П. Кашкарова).

Принцип дії штампа НііЖБе полягає в тому, що між випробуваною поверхнею і штампом прокладаються аркуші білого і копіювального паперу, щоб на білому папері залишався відбиток штампа при його вдавливанні в тіло бетону гідравлічним домкратом. По діаметру відбитка за допомогою градуировальной кривої в залежності від радіуса штампа  $r$  і сили  $P$  вдавлення визначають клас бетону.

Велике застосування в практиці знаходить молоток К.П. Кашкарова. Принцип визначення міцності бетону з його допомогою аналогічний описаному вище. Відмінність полягає в тому, що удар молотком наносять вручну, і в залежності від ставлення діаметра відбитка  $d_0$  на бетоні і діаметра відбитка на еталонному стрижні  $d_e$  молотка ( $d_0 / d_e$ ) за градуировальной кривої визначають міцність бетону.

Найбільш стабільні і прийнятні результати при використанні молотка К.П. Кашкарова виходять, якщо бетон випробується у термін 28 діб і при вологості 2-6%. В інших випадках міцність бетону на стиск  $R$  можна визначити за формулою:

$$R = K_B * K_t * R_{28}, \quad (2.1)$$

де  $K_B$  - коефіцієнт, що враховує вологість бетону;

$K_t$  - коефіцієнт, що враховує вік бетону;

$R_{28}$ -фактична напруга бетону через 28 діб.

Ці коефіцієнти рекомендується визначати дослідним шляхом.

Метод пружного відскоку заснований на існуванні залежності між параметрами, що характеризують пружні властивості матеріалу, і параметрами, що визначають міцність на стиск. Існують два принципи побудови приладів. Один заснований на відскакуванні бойка від ударника - ковадла, притиснутого до поверхні випробуваного матеріалу, інший - на відскакуванні від поверхні випробуваного матеріалу.

Найбільш поширений перший принцип, який реалізований в молотку Шмідта, широко застосовується за кордоном. У нашій країні цей молоток відомий як склерометр Шмідта.

Склерометри Шмідта випускають в основному пружинного типу. Молоток складається з алюмінієвого корпусу, в якому по штоку переміщається ударник. При вдавлюванні ударника пружин на розтягується, і після звільнення енергія розтягнутої пружини передається ударнику. Після удару по випробуваному матеріалу ударник відскакує на відстань, яке фіксується стрілкою на шкалі приладу, і за спеціальною тарировочною шкалою або діаграмою, доданою даного приладу, визначається міцність матеріалу.

### **Акустичні методи випробувань**

Ультразвукові методи засновані на вивченні характеру поширення звуку в конструкційних матеріалах. Звук - коливальний рух частинок пружного середовища, що поширюється у вигляді хвиль в газоподібному, рідкому або твердому середовищі. Пружні хвилі поділяються на інфразвукові, частот яких знаходиться в межах від 20 Гц до 20 кГц, і ультразвукові з частотою від 20 кГц до 1000 МГц. При випробуванні бетону і кераміки застосовують ультразвукові коливання з частотою від 20 до 200 кГц, при випробуванні металів і пластмас - з частотою від 30 кГц до 10 МГц.

У практиці визначення характеристик міцності властивостей бетону в основному застосовують вимірювання швидкості поширення поздовжніх ультразвукових хвиль. Сутність ультразвукового імпульсного методу полягає в тому, що вимірюють швидкість поширення через бетон переднього фронту поздовжньої ультразвукової хвилі  $v$ . Виходячи із залежності  $R = f / (v)$ , по вимірної  $v$  визначають міцність бетону. Для вимірювання  $v$  необхідно знати час про-ходіння ультразвуку на ділянці певної довжини, званому базою прозвучивання. Оскільки швидкість ультразвуку в бетоні велика (до 5 км / с),



при звичайних значеннях  $l$  (до 1,5 м) доводиться визначати дуже малі інтервали часу, вимірювані в мікросекундах. Для збудження ультразвукових хвиль і вимірювання часу їх проходження через бетон застосовують спеціальну апаратуру, принцип роботи якої полягає в тому, що електронний генератор високочастотних імпульсів періодично посиляє електричні імпульси на випромінювач, який перетворює ці імпульси в ультразвукові механічні хвилі. З випромінювача ультразвукові хвилі проходять через досліджуваний бетонний елемент і потрапляють на щуп-приймач. У приймачі ультразвукові коливання перетворюються в електричні імпульси, що направляються в підсилювач. Посилений імпульс потрапляє на індикатор - електронно-променевою трубку. Наявне в приладі електронний пристрій, зване «чекає затримати рядків», включається одночасно з пуском імпульсного генератора. Розгортка зміщує електронний промінь по екрану електронно-променевої трубки зліва направо; при цьому в лівій частині екрана індикатора виникає вертикальна відмітка, відповідна моменту посилки імпульсів, а в правій - зображення пройшли через бетон ультразвукових імпульсів. Електронний генератор створює на екрані індикатора електронну шкалу міток часу у вигляді вертикальних відміток з інтервалами, за кількістю яких визначають час проходження ультразвукового імпульсу через бетон. У приладах останніх моделей амплітуду тимчасового інтервалу між зондируючим і пройшли через бетон імпульсами вимірюють малогабаритним цифровим вольтметром. Прилади виконані на напівпровідникових елементах і інтегральних мікросхемах.

Контроль метрологічних характеристик ультразвукових приладів - визначення основної та додаткових похибок, вимір часу проходження ультразвукових коливань - слід проводити відповідно до діючих рекомендацій, що випускається заводами-виробниками разом з приладами.

Застосовують різні методики для визначення міцності бетону, наприклад, ультразвуковий метод, який найкращий для важких, легких, пористих і щільних силікатних бетонів, а також методику ВНІФТРИМІСІ-ВЗПІ. Однак незалежно від методу випробувань завжди необхідно дотримуватися таких загальних положень, прийняті при побудові залежності « $v$  -  $R_{сж}$ ».

Поверхня бетону, на якій встановлюють щупи (ультразвукові перетворювачі), не повинна мати напливів і вм'ятин, а також раковин і 51 повітряних пір глибиною понад 3 мм і діаметром більше 6 мм. З поверхні повинні бути видалені декоративне покриття або облицювальний матеріал. Для забезпечення надійного акустичного контакту між бетоном і робочою поверхнею щупів застосовують в'язкі контактні середовища (мастила) або еластичні прокладки. При випробуваннях конструкцій і зразків, що застосовуються для побудови залежності « $v$  -  $R_{сж}$ », повинна використовуватися однакова контактна мастило. Вимірювання бази прозвучивання проводять з похибкою не більше  $\pm 0,5\%$ . При випробуванні кубів прозвучу ведуть в напрямку, перпендикулярному напрямку укладання бетонної

суміші в форму. Визначення проводиться в кубах на трьох рівнях по висоті, при цьому розкид не повинен перевищувати 5%.

### **Магнітні методи випробувань**

Магнітні методи засновані на реєстрації магнітних полів розсіювання, що виникають над дефектами або на визначенні магнітних виробів. Магнітні методи випробувань можна класифікувати по способам реєстрації магнітних полів розсіювання або визначення магнітних властивостей контрольованих виробів. Основними є такі методи: магнітопорошковий, магнітографіческіе, ферозондовий, індукційний.

Магнітопорошковий метод - один з найпоширеніших для виявлення дефектів (типу порушення цілісності металу). Він застосовується тільки для контролю деталей з феромагнітних матеріалів. Цей метод дозволяє виявляти дефекти без руйнування виробів: неметалеві і шлакові включення, порожнечі, розшарування, дефекти зварювання і тріщини. Метод особливо ефективний в резервуаростроєнні.

Магнітографіческіе метод полягає в запису магнітних полів розсіювання над дефектом на магнітну стрічку. Цей метод застосовується для перевірки суцільності зварних швів різних споруд, виготовлених з феромагнітних сталей з товщиною стіни до 18 мм.

Ферозондовий метод заснований на перетворенні градієнта або напруженості магнітного поля в електричний сигнал.

Індукційний метод заснований на тому, що виявлення полів розсіювання в намагніченому контрольованому металі здійснюється за допомогою котушки з сердечником, яка харчується змінним струмом і є елементом мостової схеми. Індукційний метод застосовують для виявлення тріщин, непроварів і включень при контролі зварних швів.

**Радіаційні випробування, пов'язані з використанням нейтронів і радіоізоопів.** Метод заснований на використанні  $\gamma$ -променів, джерелом яких є радіоактивні ізоопи. Метод ефективний при інженерно-геологічні дослідження, а також визначенні об'ємної маси важких, легких і пористих бетонів.

Радіохвильовий метод випробувань. Радіодефектоскопія заснована на проникаючих властивостях радіохвиль сантиметрового і міліметрового діапазонів. Цим методом виявляються поверхневі дефекти, що складаються з неметалічних матеріалів. Від генератора, що працює в безперервному або імпульсному режимі, радіохвилі проникають в конструкцію і за допомогою підсилювача реєструються на приймальний пристрій. Радіохвильовим методом можливо визначити вологість матеріалу.

Для діагностики стану конструкцій будівель або споруд використовують інфрачервоні випромінювання.

Електричні методи випробувань. Електричні методи вимірювання неелектричних величин широко поширені при постійному контролі й визначенні фізико-механічних характеристик будівельних матеріалів, виробів та конструкцій. За замірному електричному опорі можна судити про вологості деревини в конструкціях. Електричний метод використовують також для визначення вологості піску. Однак більш точними є методи визначення вологості, засновані на термоелектричних і діелектричних ефекти. Термоелектричний метод заснований на функціональному зв'язку теплопровідності піску з його вологістю, діелектричний метод - на вимірі електроємна конденсатора, міжпластинками якого поміщається проба піску різної вологості. Електричний метод часто використовують для визначення вмісту води в бетонній суміші.

**Використання геодезичних приладів та інструментів при огляді і випробуваннях конструкцій.** Геодезичні прилади та інструменти широко застосовуються при огляді будівель і споруд. У деяких випадках їх застосування виявляється не тільки простим, але і єдино можливим способом вимірювання переміщень елементів конструкцій. Особливо доцільно застосовувати геодезичні методи вимірювання переміщень, коли підхід до випробовуваним конструкцій утруднений.

Найпоширенішими приладами є нівеліри і теодоліти. Нівеліри використовуються для визначення величин вертикальних переміщень (осад і прогинів) окремих точок конструкцій або споруд. Використання прецизійних (високоточних) нівелірів і інварних рейок дозволяє отримувати точність вимірювань порядку  $\pm 0,25$  мм. Теодоліти використовуються для визначення горизонтальних переміщень окремих точок, що відзначаються на конструкції спеціальними марками. При двох положеннях вертикального кола рулетки заміряються кути між окремими точками на конструкції і будь-якими нерухомими предметами. Виробляючиміру кутів через певні проміжки часу, судять про переміщення закріплених марками точок будівлі або споруди в кутовій мірі. Точність вимірювання кутів залежить від виду використовуваного інструменту. Так, при застосуванні оптичних теодолітів останнього покоління помилка вимірювань кута становить  $\pm 2''$ .

Для визначення переміщень споруди або його відділи точок в останні роки часто застосовують метод стереофотограмметрії. Суть методу в тому, що за допомогою спеціального фотоапарата, з'єданого з геодезичної трубкою (фототеодоліта), проводиться фотографування випробовуваної конструкції або споруди з двох точок. При зйомці застосовують скляні фотопластинки з великою роздільною здатністю емульсії. Отримувані негативи розглядаються через спеціальний прилад стереокомпаратор. При розгляданні двох негативів, знятих з двох точок (стереопари), відтворюється стереомодель знятого об'єкта. Стереомодель має певний масштаб, що залежить від відстані знімальної камери до об'єкта зйомки і фокусної відстані камери фототеодоліта. За допомогою стереокомпаратора по негативах визначають координати цікавить точки на поверхні досліджуваного об'єкта. Повторні стереофотознімання і підрахунки координат тих же точок дозволяють визначити переміщення окремих точок за

проміжок часу, що пройшов між першою і другою фотозйомкою. Метод стереофотограмметрії застосовують при випробуваннях будівельних конструкцій і споруд динамічними навантаженнями. При цьому застосовують фотоапарати з синхронним затвором об'єктива.

### **Порядок визначення деформації споруд**

Прогини будівельних конструкцій, які працюють в умовах згину, нормуються, виходячи з конструктивних, технологічних та естетичних вимог. З часом, під дією різноманітних факторів, зазначені деформації можуть збільшуватися. Збільшення прогинів будівельних конструкцій може призвести не тільки до погіршення естетичного вигляду, а і до порушення технологічного процесу. Наприклад, наднормативний прогин підкранових балок викликає вертикальні деформації кранових рейок, що унеможлиблює нормальну роботу мостових кранів і, в окремих випадках, повну їх зупинку. Внаслідок цього зупиняється весь технологічний процес виробництва продукції. Також наднормативний прогин може свідчити про перенавантаження будівельної конструкції або про зниження її несучої здатності, наприклад, через корозію робочої арматури внаслідок замочування елемента атмосферними або технологічними водами. Така ситуація може призвести вже до катастрофічних наслідків – руйнування самої конструкції і будівлі в цілому.

Зміна значень перекосів конструкцій відносно проектних посередньо вказує на осідання несучих конструкцій каркасу будівлі, що також небезпечно, особливо для статично невизначених систем. Своєчасне виявлення граничних прогинів і кренів дозволить розробити заходи зі стабілізації, в окремих випадках, – зменшенню деформацій, що дозволить забезпечити надійну роботу будівельних конструкцій і будівель в цілому на весь проектний термін експлуатації. Таким чином, розробка способів оперативного визначення прогинів і перекосів зазначених конструкцій є актуальною задачею.

Проблемі визначення деформацій будівельних конструкцій присвячені роботи багатьох науковців. Більшість робіт об'єднує те, що визначення деформацій пропонується виконувати класичними методами інженерної геодезії або безпосередніми інструментальними методами.

Але такі підходи не завжди можливі в умовах діючих промислових цехів. У зв'язку з цим метою роботи є розробка способу визначення прогинів і перекосів, недоступних для безпосередніх вимірювань конструкцій промислових будівель і споруд.

Основною конструкцією промислової будівлі є поперечна рама, яка складається з вертикальних несучих елементів (залізобетонних або сталевих колон) і горизонтальних – кроквяних конструкцій (ферма, балка). Окрім зазначених елементів, існують інші конструкції, які потребують контролю їх деформацій, насамперед, прогинів: плити покриття і перекриття, підкроквяні ферми і балки, ригелі, підкранові балки тощо.

При проектуванні конструкцій їх прогини розраховуються за другою

групою граничних станів. Граничні прогини регламентуються діючими нормативними документами: СНиП, ДБН, ГОСТ, ДСТУ. У табл.2.1 наведені граничні прогини для деяких елементів.

Таблиця 2.1 – Граничні прогини елементів конструкцій

Елементи конструкцій	Вертикальні граничні прогини
Балки кранових колій під мостові та підвісні крани, якими керують з кабіни при групах режимів роботи: 1К – 6К 7К 8К	$l/400$ $l/500$ $l/600$
Балки, ферми, ригелі, прогони, плити, настили покриттів і перекриттів, відкритих для огляду, при прогоні: $l = 6$ м $l = 24$ (12) м $l = 36$ (24) м	$l/200$ $l/250$ $l/300$

Розглянемо деякі традиційні способи визначення прогинів згинальних конструкцій:

1) інструментальні способи, тобто вимірювання прогинів за допомогою спеціальних приладів – прогиномірів (Максимова, Аістова, Мокіна) та індикаторів годинникового типу. Але такими способами можна вимірювати прогини тільки при випробуванні конструкції, тобто при прикладанні навантаження. В умовах експлуатації конструкції ці способи не використовуються;

2) способи інженерної геодезії. Спосіб гідростатичного нівелювання.

У даному способі використовується гідростатичний нівелір, який працює на основі ефекту сполучених посудин. Значення прогину визначається за різницею рівня рідини у різних точках по довжині елемента.

Спосіб геометричного нівелювання.

Як вимірювальний прилад використовується оптичний або лазерний нівелір. Відліки знімаються безпосередньо з нівелірної рейки або з іншого приладу типу мірної стрічки, рулетки. За різницею відліків визначається прогин конструкції.

Спосіб «горизонтальної нитки і лінійки».

Для вимірювання прогинів горизонтально натягується сталевий дріт. Від нього перпендикулярно лінійкою вимірюються відстані до грані елемента (позначки). За цими даними і визначається прогин конструкції.

Зазначені способи об'єднує один значний недолік, а саме, для проведення вимірювань необхідний безпосередній контакт із конструкцією, яка досліджується. В реальних умовах виробництва у більшості випадків такий безпосередній контакт неможливий.

Спосіб тригонометричного нівелювання.

Для вимірювання використовується теодоліт і сталева рулетка. Теодолітом вимірюються вертикальні кути між горизонтом і віссю елемента, рулеткою – горизонтальні відстані від теодоліта до проекції вісі елемента на прийнятий горизонт. Позначки точок вісі елемента визначаються шляхом розв'язання рівнянь прямокутного трикутника за допомогою тригонометричних функцій. До недоліків зазначеного способу можна віднести:

1. Складність створення зйомочної основи в умовах виробничого процесу.
2. Труднощі, які пов'язані із вимірюванням горизонтальних відстаней від приладу до проекції вісі елемента на прийнятий горизонт.
3. Складність точного наведення перехрестя сітки ниток зорової труби теодоліта на вісь елемента через погане освітлення, задимленість і запиленість внутрішнього простору цеху.

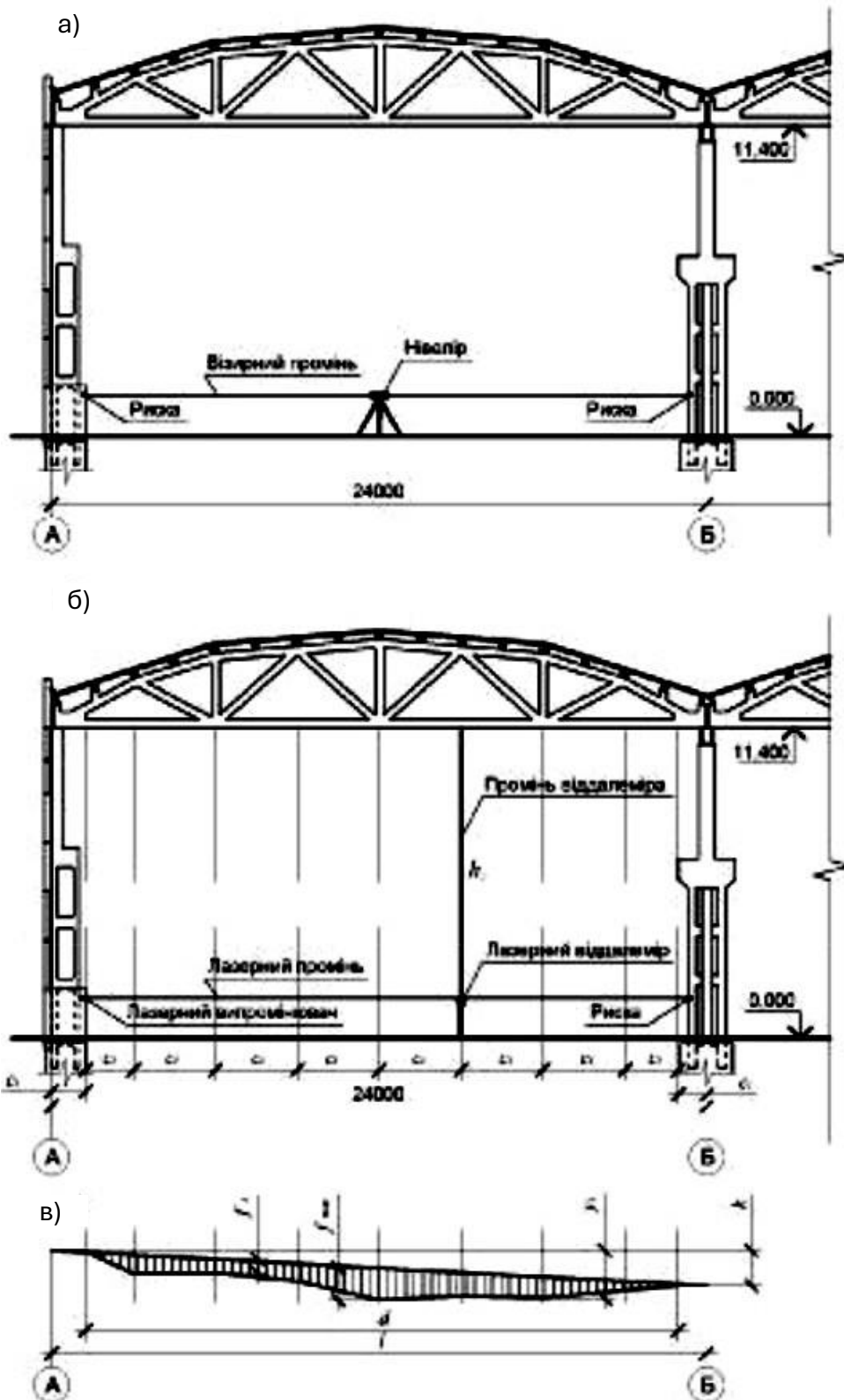
Наведені недоліки можуть взагалі унеможливити проведення вимірювань даним способом.

Для виконання зазначених робіт пропонується наступний спосіб, який є вдосконаленням способу «горизонтальної нитки і лінійки». Схема проведення вимірювань наведена на рис.2.1.

Для прикладу використана поперечна рама промислової будівлі, яка складається із залізобетонних колон і залізобетонної кроквяної ферми покриття. Об'єкт дослідження – кроквяна ферма.

Послідовність виконання операцій:

1. На колонах, за допомогою оптичного нівеліра позначаються риски (рис.2.1,а).
2. На одній колоні по рисці встановлюється лазерний випромінювач і наводиться на риску другої колони (рис. 2.1,б). Таким чином задається умовний горизонт.



а) схема створення умовного горизонту; б) схема встановлення віддалеміра; в) епюра прогинів:  $u_i$  – ординати вісі елемента;  $f_i$ ,  $f_{max}$  – прогини елемента в точках знімання;  $k$  – перекіс елемента;  $d$  – горизонтальна відстань між початковою і кінцевою точками знімання

Рисунок 2.1 – Схема проведення вимірювань

3. По умовному горизонту за допомогою телескопічного штативу встановлюється лазерний віддалемір і виконуються вимірювання позначок нижньої грані елемента  $h_i$ . Вимірювання виконуються через визначені відстані  $s_i$  (рис. 2.1,б).

Зазначені характеристики можна знайти і графічним методом. Для цього за позначками необхідно побудувати епюру прогинів (рис. 2.1,в). З'єднати прямою лінією крайні точки і від цієї лінії виміряти прогин і перекіс. Перевіримо можливість використання даного способу на практиці.

Точність визначення позначок осі елемента визначається, в основному, наступними похибками:

1. Похибки геометричного нівелювання.
2. Похибка у створенні умовного горизонту.
3. Похибка віддалеміра.

Розглянемо більш детально зазначені похибки.

Більшість промислових цехів мають прогони 1 до 36 м. Таким чином, геометричне нівелювання при створенні умовного горизонту в основному проводиться з плечами  $L$  до 20 м. Згідно з [1] середня квадратична похибка погляду по рейці складає при:

$$\begin{aligned} L = 20 \text{ м} \quad m_{\text{п}} &= \\ 0,63 \text{ мм}, L = 50 \text{ м} & \\ m_{\text{п}} = 0,84 \text{ мм}. & \end{aligned}$$

Наведені дані розраховані для нівеліру типу НЗ і шашкової рейки з ціною поділки 10 мм. Виходячи із результатів розрахунків, більш точні прилади використовувати недоцільно.

Похибка у створенні умовного горизонту обумовлена неточним встановленням лазерного випромінювача і наведенням його променя на риску протилежної колони. Ця похибка складає  $m_{\text{уг}} = \pm 0,5-1,0$  мм. Її можна зменшити

шляхом використання вимірювальних приладів типу штангенциркуля з ціною поділки 0,1 мм, але такий підхід вимагає більших витрат часу.

Похибка віддалеміра складається з похибки встановлення приладу за висотою, похибки, яка бумовлена відхиленням променя віддалеміра відвертикальної лінії, і саме власної похибки у вимірюванні відстаней.

При використанні напівпрозорого екрану з міліметровою шкалою похибка встановлення приладу по висоті складає  $m_{\text{вп}} = \pm 0,5$  мм. Для вимірювання відстаней пропонується використовувати лазерні віддалеміри типу Leica DISTO серій D3 – D5, Bosch GLM і інших зі схожими характеристиками. Точність вимірювання відстаней зазначеними приладами складає  $m_{\text{н}} = \pm 1,0$  мм. Віддаль вимірювання без відбивача до 80 м.

Точність вмонтованого електронного рівня  $\xi = \pm 0,3^\circ$ .

Максимальна похибка у визначенні позначок точок вісі елемента складає менше 2 мм.