



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77009** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
E04B 1/00
G01N 37/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | | | |
|--|----------------------------|---------------------|--|
| (21) Номер заявки: | u 2012 08362 | (72) Винахідник(и): | Рябіков Володимир Вікторович (UA) |
| (22) Дата подання заявки: | 07.07.2012 | (73) Власник(и): | Рябіков Володимир Вікторович, |
| (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: | 25.01.2013 | | вул. Лісового, 33, кв. 135, м-н Східний-3, м. Кривий Ріг, 50093 (UA) |
| (46) Публікація відомостей про видачу патенту: | 25.01.2013, Бюл.№ 2 | (74) Представник: | Кривенко Юрій Юрійович, реєстр. №255 |

(54) СПОСІБ РЯБІКОВА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб визначення технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням особливостей експлуатації включає визначення типу будівельного конструктивного елемента, визначення умов експлуатації і ступінь впливу негативних факторів знижуючих несучу здатність, аналіз поточного стану і експлуатації будівельної конструкції, виконання робіт з відновлення конструкції, добування зношених елементів і заміна їх новими, наступна фіксація проектного положення будівельної конструкції і поновлення її експлуатації. Після фіксації зносу конструкції встановленого візуально та за допомогою відповідних діагностичних приладів, роблять технічний моніторинг конструкції.

UA 77009 U

Корисна модель належить до будівельної індустрії і може бути використана для усунення дефектів виникаючих при тривалій експлуатації будівельних конструкцій, експлуатація яких здійснювалася в різних умовах і що передбачає наявність агресивного середовища, яке знижує міцність й, відповідно несучі здатності будівельних елементів, і виконаної на основі прогнозних розрахунків.

Спосіб передбачає можливість визначення прогнозного стану несучих будівельних конструкцій розташованих на значній висоті, наприклад, балок перекриття покрівлі цехів, де ускладнений доступ до конструкцій і відповідно візуальному обстеження, що дозволяє запобігти виникненню аварійної ситуації викликаній порушенням цілісності конструкції.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є спосіб визначення строків усунення дефектів у конструкціях різних категорій технічного стану (Фурсов В.В. "Износ зданий, диагностика и реконструкция" учебное пособие. Изд. Украинское общество оценщиков, Международный центр приватизации, инвестиций и менеджмента, Киев, 1998 г.).

Спосіб передбачає визначення типу будівельного конструктивного елемента, визначення умов експлуатації і ступінь впливу негативних факторів, які знижують несучу здатність, аналіз поточного стану будівельної конструкції, виконання робіт з відновлення конструкції, виїмання зношених елементів і заміна їх новими, наступну фіксацію проектного положення будівельної конструкції і поновлення її експлуатації.

Визначення стану конструкції здійснюється за допомогою різноманітних приладів наприклад - ультразвукових, пружного відскоку, пластичних деформацій, електромагнітних і фізико-хімічного аналізу. Використання цих способів і засобів здійснюється в безпосередньому контакті з будівельною конструкцією (натурне обстеження), а також у лабораторіях. Результати вимірів і досліджень аналізуються і узагальнюються (систематизуються), визначаються основні причини і наслідки невідповідностей, після чого визначається фактичне зношування конструкції, розробляються рекомендації з її відновлення.

Недоліком відомого способу є те, що для його реалізації необхідно дослідження кожної конструкції індивідуально. Це вимагає значних трудових і матеріальних витрат особливо в умовах великих виробничих підприємств, що мають значну кількість цехів. Крім того, аналіз результатів обстеження також вимагає час на обробку і розробку рекомендацій, які після цього реалізуються у виконання робіт із заміни зношених елементів до максимально можливої несучої здатності конструкції.

Крім перерахованих недоліків, є інші не менш суттєві, де значна частина часу при цьому витрачається на теоретичні і розрахункові частини процесу моніторингу конструкцій, а саме:

- визначення рівня відповідальності і відповідності нормам проектування по економічних, соціальних, екологічних вимогах;
- визначення класів капітальності і відповідності нормам проектування по класах і коефіцієнту надійності;
- визначення нормативних, розрахункових і фактичних значень навантажень і розрахункових схем;
- визначення ступеня агресивності і впливу технологічного процесу;
- на процес письмового узгодження і підтвердження вірогідності розрахунку з організацією, документи якої застосовані для перерахунку, для конструкцій які проектувалися по раніш діючим, але скасованих у теперішній час нормативним документам;
- розрахунок залишкового ресурсу експлуатації будівельної конструкції.

Технічний результат від використання корисної моделі складається в забезпеченні безпеки і надійності експлуатації будівельних конструкцій з обліком від існуючого або досягнутого рівня їхнього змісту в певних умовах. Використання корисної моделі забезпечує високий рівень прогнозу і вірогідності технічного стану будівельних конструкцій, оперативну розробку заходів щодо відновленню цих конструкцій, зниження витрат на відновлення конструкцій за рахунок своєчасності робіт із заміни або посилення зношених елементів із забезпеченням необхідної несучої здатності.

Задача корисної моделі є удосконалення способу усунення дефектів у конструкціях різних категорій технічного стану, за рахунок виконання ремонтно-відбудовчих робіт оснований на прогнозуванні строків початку їхнього виконання із застосуванням графо-аналітичного методу, що включає, ідентифікацію будівельної конструкції, визначенні категорії технічного стану, вплив агресивності середовища експлуатації, визначення ступеня і швидкості зношування і відповідно граничні значення строків заміни або посилення зношених елементів до відновлення максимально можливого ступеня несучої здатності.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб визначення технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням особливостей експлуатації, включає визначення типу будівельного

конструктивного елемента, визначення умов експлуатації і ступінь впливу негативних факторів, що знижують несучу здатність, аналіз поточного стану і експлуатації будівельної конструкції, виконання робіт з відновлення конструкції, виймання зношених елементів і заміну їх новими, наступну фіксацію проектного положення будівельної конструкції і поновлення її експлуатації,

5 згідно з корисною моделлю, після фіксації зносу конструкції встановлений візуально та за допомогою відповідних діагностичних приладів, роблять технічний моніторинг конструкції, для цього: визначають тип і технічні параметри конструкції, граничні значення головних технічних параметрів по класифікації різних категорій технічного стану конструкції, у відповідності з нормативними документами, визначають технічні умови експлуатації конструкції і ступінь впливу

10 первинних і вторинних виробничих факторів, що сприяють виникненню і розвитку негативного впливу корозії, з наступними характеристиками: характер, ступінь, швидкість, інтенсивність, значення, глибину проникнення, розташування, час впливу і інші, при цьому припускають, що вплив основних експлуатаційних і будівельних негативних факторів і ступінь імовірності їхнього виникнення мінімальна, після чого одержують необхідні взаємозалежні параметри:

15 варіативність строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану будівельних конструкцій залежно від ступеня агресивності середовища експлуатації; тривалість експлуатації конструкції залежно від ступеня вмісту в безпечному стані двох варіантів, а також знаходження залежності між несучою здатністю і строками безпечної експлуатації конструкції, з огляду на фактор ступеня експлуатації і змісту конструкції експлуатаційними службами, після чого розглядають не менш двох альтернативних варіантів: - високого рівня змісту і експлуатації

20 конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів, а також низького рівня змісту і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів, для чого розглядають по черзі кожний з альтернативних варіантів, а саме: для високого рівня утримання і експлуатації конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів установлюють критерії для проведення ремонту і критичні

25 межі експлуатації конструкції, при цьому критерієм початку кожного наступного ремонту, є зниження несучої здатності тільки до рівня третьої категорії технічного стану, далі на підставі проектної і нормативної документації фіксують проектні геометричні параметри конструкції і визначають нормативні строки безпечної і надійної експлуатації конструкції, а також моделюють область, ступінь і швидкість впливу корозії для різних типів перетинів залежно від форми з визначенням втрати перетину в період нормативного строку експлуатації, потім роблять натурне обстеження конструкції і порівнюють обидва результати для прийняття остаточних значень, необхідних для подальших розрахунків, після чого визначають швидкість розвитку

30 дефектів у рік і втрату несучої здатності залежно від марки сталі з якої виготовлена конструкція, визначають граничні критичні значення втрат несучої здатності для третьої і четвертої критичних категорій технічного стану, на підставі яких переходять до графо-аналітичних розрахунків при яких визначають математичну залежність розвитку швидкості корозії металоконструкції і зміни її несучої здатності, що виконується в такий спосіб на графіку в декартових координатах, де на осі абсцис, відзначають критичні величини значень несучої здатності балки на початку і наприкінці нормативного строку експлуатації, на осі ординат -

40 нормативний строк експлуатації, після чого з'єднують точки і одержують лінійну математичну залежність зміни несучої здатності конструкції виду $Y = - KX + B$, з фактичним значенням $Y = - 60X + 600$ для даної розрахункової конструкції, після чого на побудованому графіку наносять лінії критичних значень двох категорій технічного стану конструкції, що мають математичну залежність $Y = B$, при чому перетинання основної лінії зміни несучої здатності з лінією критичного стану однієї з категорій, дає критичні точки - кінця безпечного строку експлуатації, після якого необхідно виконати ремонт або посилення конструкції, далі роблять розрахунок значень критичних строків початку і кінця планових ремонтів, причому по різниці між значеннями отриманими результатами визначають тривалість ремонтних періодів і роблять повний аналіз взаємозалежних параметрів: тривалість експлуатації конструкції, несучої здатності в період

50 експлуатації і виконують остаточні розрахунки з порівнянням теоретичної і середньої тривалості експлуатації конструкції, далі визначають критичне значення несучої здатності, при різних рівнях експлуатації конструкції протягом тривалого часу, після виконують графоаналітичне рішення при низькому рівні утримання і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів, причому критерієм початку кожного наступного ремонту, є зниження несучої здатності до рівня четвертої категорії технічного стану, причому якщо експлуатація і зміст конструкції відбувається за умовами даного варіанту, тобто використання повного ресурсу балки до значення четвертої категорії технічного стану, то тоді відновлення несучої здатності до нормальних значень, повинне вироблятися в самий найкоротший час, тобто не більше 6 місяців, а після остаточних розрахунків двох варіантів, виконують узагальнюючі висновки для прийняття вихідних значень

60 для розробки варіантів прогнозування строків усунення дефектів, при цьому приймається, що

фактичні строки ремонту металоконструкцій становлять 0,5-0,8 року, а фактичні строки заміни металоконструкцій 1-3,5 року, з моменту ухвалення рішення на її заміну, при цьому при визначенні строків усунення дефектів приймаються до уваги всі фактори - нормативний галузевий строк експлуатації конструкції під впливом навантажень і ступеня агресивності середовища, поява, нагромадження і розвиток дефектів, порушення правил технічної експлуатації, а також зміна міцносних характеристик матеріалів, поперечних перерізів, зміну проектного їхнього положення та інше, причому надалі визначають загальні причини виникнення дефектів у конструкції, що підрозділяються на шість категорій, до яких ставляться: "активні фактори" - експлуатаційні і технічні; "пасивні фактори" - проектні прорахунки; "комплексні фактори" - природних техногенних і технологічних; "Інші" - питання технічного ресурсу, "людський фактор" - рівень кваліфікації технічної служби підприємства та "технічна, нормативно-методична оснащеність", а потім після виконання процесів аналізу і систематизації дефектів розробляється перелік можливих наслідків, а на підставі диференціації процесів причин і можливих наслідків, розробляються пропозиції і рекомендації із забезпечення необхідного рівня технічного стану конструкції, які передбачають короткочасні або тривалі технічні рішення, час її експлуатації, а так само пропозиції для розробки варіантів проектування, а на основі аналізу роблять порівняння строків експлуатації залежно від ступеню утримання в безпечному стані двох варіантів, після цього знаходять залежність між несучою здатністю і строками безпечної і надійної експлуатації конструкції, з урахуванням рівня змісту конструкції і ведення нормативної документації технічними службами підприємства, після чого виконують роботи по відбудові конструкції, витягають зношені елементи і заміняють їх новими і відновляють експлуатацію будівельної конструкції.

Спосіб ілюструється наступними схемами, де на фіг. 1-8 показаний графік визначення тривалості експлуатації конструкції балки; на фіг. 9-12 - графічне зображення математичної залежності експлуатації; на фіг. 13 - приклад схеми підкранової балки; на фіг. 14 - схема поширення корозії елементів підкранової балки, на фіг. 15 - графік динаміки зносу конструкції.

Спосіб реалізується наступним чином.

Найбільш пошкоджуючими конструкціями каркаса будинку або споруди є кроквяні і підкроквяні ферми, покрівлі різних конструктивних виконань, прогони і зв'язки, підкранові балки та інші згідно документа [1].

Фіксацію зносу конструкції встановлюють візуально та за допомогою відповідних діагностичних приладів. Роблять технічний моніторинг конструкції, для цього: визначають тип і технічні параметри конструкції, граничні значення головних технічних параметрів по класифікації різних категорій технічного стану конструкції, у відповідності з нормативними документами. Визначають технічні умови експлуатації конструкції і ступінь впливу первинних і вторинних виробничих факторів, що сприяють виникненню і розвитку негативного впливу корозії, з наступними характеристиками: характер, ступінь, швидкість, інтенсивність, значення, глибину проникнення, розташування, час впливу і інші.

Припускають, що вплив основних експлуатаційних і будівельних негативних факторів і ступінь імовірності їхнього виникнення мінімальна.

Розв'язання завдання по визначенню строків усунення дефектів у конструкціях з різними категоріями технічного стану, у якості прикладу, приймається одна із самих уразливих і конструкцій промислового будинку - підкранова балка естакади грануляції рідких доменних шлаків.

Основні технічні умови експлуатації для рішення завдання:

1. Технологічний процес - безперервний;
2. Режим роботи сталевих конструкцій - особливо важкий згідно документа [1];
3. Середовище - сильно агресивне;
4. Швидкість корозії згідно документа [3] - 0,87 мм/рік;
5. Корозія згідно ДБН 362-92 - виразками і загальна нерівномірна.
Коди дефектів – 12.2 і 12.4. $H_a \geq [0,5]$ мм; $D_a \geq [2]$ мм;
швидкість корозії - до 1 мм/рік, з урахуванням факторів наявності електро-хімічної корозії;
6. Балка без антикорозійного захисту;
7. Балка сталева, виконана з однієї сталі класу 338/23, У ст. 3 пс 5-1, за ДСТ 380-71*, $R_v=240$

МПа;

8. У плінні розрахункового періоду не виробляється модернізація кранового обладнання (зміна ваги, вантажопідйомності);

9. Балка задовольняє вимогам ДЕРЖСТАНДАРТУ 23118-78, СНП III-18-75;

10. Технічні граничні умови для III - КТС категорія технічного стану – дефекти впливають на значне зниження несучої здатності; зміна проектного положення не значно перевищують

гранично - припустимі значення по ДБН, СНП самого конструктива, вище розташованих і суміжних конструкцій; потенційна ймовірність локальних руйнувань конструктива; міцність бетону – $R_{\text{факт.}} \leq 20\%$ від $R_{\text{проект.}}$; армування - $S_f < S_{pr} \leq 15\%$; для м/к - корозійна втрата перетину від $S_{\text{проектної}}$ до $\leq 15\%$.

- 5 11. Технічні граничні умови для IV-КТС – дефекти впливають на повну втрату несучої здатності; зміни проектного положення значно перевищують гранично - припустимі значення по ДБН, СНП самого конструктива, вище розташованих і суміжних конструкцій; високий ступінь імовірності руйнувань масового характеру конструктива, обвалення вище розташованих і суміжних конструкцій; міцність бетону – $R_{\text{факт.}} \leq 30\%$ від $R_{\text{проект.}}$; армування - $S_f < S_{pr} > 15\%$;
10 для м/к - корозійна втрата перетину від $S_{\text{проектної}}$ більше $> 25\%$.

Основні експлуатаційні і будівельні негативні фактори і ступінь імовірності їхнього впливу
Основні експлуатаційні і будівельні негативні фактори для рішення завдання:

- ексцентриситет кранової рейки;

- зношування кранової рейки;

- 15 - кріплення рейки до балки виконано у відповідності ДЕРЖСТАНДАРТУ 24741-81;

- дефекти стиків рейки - горизонтальні і вертикальні зсуви, зазори та інші;

- кріплення балки до колон;

- кріплення балок між собою;

- перевантаження - "мертві вантажі";

- 20 - відпрацьовування певного строку експлуатації;

- втома металу;

- проектне положення;

- технічний стан гальмової системи;

- і інші негативні виробничі фактори - у розрахунок не беруться або не враховуються тому,

- 25 що ці фактори викликають дефекти і деформації не тільки втомного характеру, які не можливо передбачити або прогнозувати протягом всього або певного проміжку часу експлуатації конструкції тобто для рішення завдання приймаються ідеальні умови експлуатації підкранової балки.

Варто визначити:

- 30 А) - варіативність строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану (КТС) будівельних конструкцій залежно від ступеня агресивності середовища експлуатації;

Б) - порівняти тривалість експлуатації конструкції залежно від ступеня змісту в безпечному стані двох варіантів;

- 35 В) - знайти залежність між несучою здатністю і строками безпечної експлуатації конструкції, з огляду на фактор ступеня експлуатації і змісти конструкції.

Визначення варіативності строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану залежно від ступеня агресивності середовища експлуатації. Визначаємо рівні експлуатації і етапи обстежень конструкцій:

- 40 Для розв'язання цієї частини задачі приймається два варіанти рівня експлуатації підкранової балки:

- високий рівень утримання і експлуатації конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів;

- низький рівень утримання і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів.

Для рішення кожного варіанту необхідно виконати три основних етапи:

- 45 - первісне ознайомлення із проектною документацією і вимогами галузевих нормативних документів по експлуатації;

- натурне обстеження конструкції і вимір параметрів дефектів;

- аналіз і систематизацію невідповідностей з розробкою рекомендацій з усунення дефектів, деформацій і ушкоджень, та інших недоліків.

Варіативність строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану.

- 50 Визначаємо граничні параметри для рішення варіанта № 1 - високий рівень утримання і експлуатації конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів. Критерієм початку кожного наступного ремонту, є зниження несучої здатності тільки до рівня III КТС категорії технічного стану.

- 55 8. Графік № 1 "Визначення тривалості експлуатації конструкції балки" представлений на фіг. 1-

Вивчення проектної і нормативної документації.

Розрахунок першого етапу - первісне ознайомлення із проектною документацією і вимогами галузевих нормативних документів по експлуатації робимо в такий спосіб, для цього:

- 60 [1]. Визначаємо строк експлуатації підкранової балки у відповідності нормативних документів

Згідно ПТЕ, галуzeвий строк експлуатації сталевих конструкцій підкранових балок до ремонту або заміни становлять 10 років

Відповідно до проектної документації підкранова балка має наступні проектні розміри її елементів (фіг. 13)

5

| Найменування параметра, елемента | Обчислення площі елемента конструкції, см ² |
|-----------------------------------|--|
| 1 | 2 |
| Площа поперечного перерізу полиць | $75 \times 3,0 \times 2 = 450$ |
| Площа поперечного перерізу стінки | $150 \times 1,6 = 240$ |
| Разом | 690 |

Визначаємо області впливу корозії.

Відповідно до досліджень по ступені, швидкості, поширенню величини корозії по площинах різних типів перетинів залежно від форми, викладених у технічній літературі [3], моделюємо області впливу корозії на конструкцію балки і позначаємо цифровими індексами зазначені на фіг. 14.

Натурні обстеження візуальним методом підтверджують, що всі елементи балки піддаються корозійному зношуванню. Робимо оцінку корозії згідно ДБН 362-92 - код дефекту 12.2-12.4, 13.1 - загальна нерівномірна корозія, корозія виразками, 90 % відсутність антикорозійних покриттів.

Вивчення технологічного процесу.

Вивчаємо технологічний процес із метою визначення інтенсивності впливу первинних і вторинних факторів технологічного процесу на балку, стан кранових рейок та її гальмову систему.

Моделюємо швидкість зміни геометричних параметрів елементів підкранової балки. Поширення величин корозії приймаємо за даними досліджень (практичний посібник), опублікованих у технічній літературі [3]. Швидкість корозії, урахується в технічних умовах і надалі протягом розв'язання завдання, а також на фіг. 14.

Натурне обстеження конструкції.

Розрахунок другого етапу - натурне обстеження конструкції і вимір параметрів дефектів робимо в такий спосіб, для цього:

Визначаємо область і ступінь впливу агресивності виробничого середовища.

Область впливу, узагальнені розрахункові значення швидкості поширення корозії елементів підкранової балки, наступні, фіг. 14:

- 1 - 0,43 мм/рік
- 2 - 0,09 мм/рік
- 3 - 0,07 мм/рік
- 4 - 0,17 мм/рік
- 5 - 0,45 мм/рік
- 6 - 0,3 мм/рік
- 7 - 0,05 мм/рік
- 8 - 0,3 мм/рік

Натурні обстеження повністю підтверджують, що середні значення величин корозії елементів балки збігаються з теоретичними, згідно [3].

Після порівняння і усереднення величин визначаємо теоретичну втрату перетину, для цього розрахунки зводимо в таблицю №1.

Таблиця № 1

Зміна геометричних розмірів основних елементів підкранової балки
після закінчення 10 років експлуатації

| № п/п | Назва елемента | № плоскості на фігурі | Кількість плоск. | V_{\max} корозії мм/рік | $T_{\text{експ}}$ років | Σ знач, корозії мм | Проект розмір мм | Факт, розмір мм | S площа см^2 |
|---|------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Верхня полиця | | | | | | | | | |
| 1 | Верхня частина полиці | 1 | 1 | 0,43 | 10 | 4,3 | 30 | 30-4,3-0,9=24,8 | 2,48×74,9=185,75 |
| 2 | Нижня частина полиці | 2 | 1 | 0,09 | 10 | 0,9 | 30 | | |
| 3 | Торцева частина полиці | 7 | 2 | 0,05 | 10 | 0,5×2=1 | 750 | | |
| Нижня полиця | | | | | | | | | |
| 4 | Верхня частина полиці | 5,6 | 1 | 0,45 | 10 | 4,5 | 30 | 30-4,5-3,0=22,5 | 2,25×74,9=168,53 |
| 5 | Нижня частина полиці | 8 | 1 | 0,3 | 10 | 3,0 | 30 | | |
| 6 | Торцева частина полиці | 7 | 2 | 0,05 | 10 | 0,5×2=1 | 750 | 750-1=749 | |
| Стінка | | | | | | | | | |
| 7 | Стінка | 3,4,5 | 2 | 0,07+0,17+0,45/3=0,23 | 10 | 2,3×2=4,6 | 16 | 16-4,6=11,4 | 1,14×150=171 |
| Разом: 185,75+168,5+171=525,3 см^2 | | | | | | | | | |

Аналіз і систематизація невідповідностей у конструкції.

5 Розрахунок третього етапу виконуємо для порівняння теоретичних і практичних результатів обстежень, для цього:

Визначимо скільки процентів % площі поперечного перерізу S втратила підкранова балка за 10 років експлуатації, вирішуючи пропорцію

690 - 100 %

525,3 – X %

10 $X = 525,3 \times 100 : 690 = 76,13 \%$. $100 \% - 76,13 \% = 23,87 \% \approx 24 \%$

Згідно нормативних документів 25 % втрати площі S поперечного перерізу, відповідає IV КТС. Значення натурні і теоретичні практично рівні.

15 Визначаємо граничні межі втрати поперечного перерізу для різних категорій технічного стану, з огляду на класифікаційну таблицю "Оцінка технічного стану сталевих конструкцій по зовнішніх ознаках" [2].

Технічні служби, на які покладені функції змісту в технічно справному стані, керуються саме такими параметрами.

Тому виходячи з умов завдання приймаємо наступне:

20 - для III КТС втрата площі перетину елементів балки 15 % $S_{\text{пр}}$

- для IV КТС втрата площі перетину елементів балки 25 % $S_{\text{пр}}$

Визначаємо які теоретичні величини площ поперечного перерізу будуть для:

- для III КТС вона складе $0,15 \times 690 = 586,5 \text{ см}^2$

- для IV КТС, $0,25 \times 690 = 517,5 \text{ см}^2$

25 Враховуючи і порівнюючи дані розрахунків, можна зробити висновок, що втрати поперечного перерізу натурні і гранично - припустимі (по нормативних документах [1]), і їхні величини – 525,3 і $517,5 \text{ см}^2$ практично одного порядку.

Приймаємо величину втрат площі поперечного перерізу рівну 517 см^2 .

Значить хід міркувань і розрахунків правильний.

Визначаємо річну величину втрат перетинів елементів балки.

Можна зробити наступні висновки, що за 10 років експлуатації втрата перетину становить $690-517=173 \text{ см}^2$.

5 Річна втрата площі поперечного перерізу $173:10=17 \text{ см}^2/\text{рік}$.

Обчислені розміри швидкості корозії і втрати площі поперечного перерізу відповідають значенням у класифікаційних таблицях іншої методичній і технічній літературі.

Визначаємо річний розмір втрат несучої здатності.

Для цього вирішуємо пропорцію:

10 $517 \text{ см}^2 - X \text{ кН/см}^2$

$690 \text{ см}^2 - 2400 \text{ кН/см}^2$, де:

- величина 2400 кН/см^2 , є $[Q^H]$ - нормативна спроможність згідно з ДБН

Звідки $X=517 \times 2400: 690=1798,3 \approx 1800 \text{ до Н/см}^2$

Приймаємо критичне значення для IV КТС $[Q^{IV \text{ КТС}}]$ рівне 1800 кН/см^2

15 Різниця втрати несучої здатності складе $\Delta\sigma = [Q^H] - [Q^{IV \text{ КТС}}]$, звідки

$\Delta\sigma = 2400-1800=600 \text{ кН/см}^2$.

Річна втрата несучої здатності складе:

$600:10 \text{ років} = 60 \text{ кН/см}^2/\text{рік}$.

20 Практично ця величина коливається в межах від 50 до 60 одиниць. Максимальне значення 60 одиниць підтверджено також експериментальним шляхом у мартенівському цеху - для балок чавуновізних ковшів, перекриття від. +6.800, у районі жужільних льоток, де виконується гідравлічне охолодження гарячих мартенівських шлаків.

Тому, значення модуля втрат несучої здатності приймаємо рівною 60 одиниць і розташовуємо по осі ОУ, фіг. 1÷12.

25 З огляду на те, що підкранова балка яка змінила технічний стан в IV КТС, по нормативній документації класифікується як – аварійна, але вона не може раптово зруйнуватися, навіть тоді коли вона може мати прогини і інші дефекти, що перевищують гранично - припустимі параметри. Однак відповідно до нормативних документів, її необхідно відремонтувати або замінити.

30 Екстремальний вплив хоча б одного з "негативних факторів", зазначених у підрозділі "Експлуатаційні і будівельні негативні фактори", може призвести до раптового руйнування (тріщини) або до повної непридатності для безпечної експлуатації конструкції.

Визначаємо математичну залежність розвитку швидкості корозії підкранової балки (зміни несучої здатності).

35 Для цього по осі ОУ, відкладаємо величини несучої здатності балки наприкінці і початку експлуатації рівні відповідно – 1800 і 2400 кН/см^2 .

Градацію втрати несучої здатності приймаємо рівну 60 одиниць – для III КТС несуча здатність балки $15 \% \times [Q^H]$ складе – 2040 кН/см^2 , фіг. 1-12, лінія функції $Y=B$ (у нашому розрахунку $Y=240$).

40 Для IV КТС несуча здатність балки $25 \% \times [Q^H]$ складе – 1800 кН/см^2 , фіг. 1÷12, лінія функції $Y=0$, вісь ОХ - ($T_{\text{років}}$).

Далі формуємо таблицю № 2 змін напруг і площі поперечного перерізу залежно від строків експлуатації.

Таблиця № 2

Зміна напруг і площі поперечного перерізу

| Зміна напруг у перетині балки від $[Q^{\text{нор}}]$ до $[Q^{IV \text{ КТС}}]$, кН/см^2 | Час експлуатації, років | Зміна площі поперечного перерізу, см^2 |
|---|-------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 2400 | 0 | 690 |
| 2340 | 1 | 673 |
| 2280 | 2 | 656 |
| 2220 | 3 | 639 |
| 2160 | 4 | 622 |
| 2100 | 5 | 605 |
| 2040 | 6 | 588 III КТС - const |
| 1980 | 7 | 571 |

45

| | | |
|------|----|--------------------|
| 1920 | 8 | 554 |
| 1860 | 9 | 537 |
| 1800 | 10 | 520 IV КТС - const |

Розраховуємо і будуємо "Графік № 1, визначення тривалості експлуатації підкранової балки", фіг. 1-8, для цього:

Проводимо пряму ВР (фіг. 1, лінія 1) - зміна несучої здатності в період експлуатації, припускаючи, що не виконано жодного ремонту (початок експлуатації). Шляхом математичних висновків установлюємо основний математичний закон втрати несучої здатності балки відбувається по лінійній залежності:

Пряма ВС являє собою графік математичної лінійної функції виду:

$Y = -\text{до } X + B$, де:

$K = \text{tg } \alpha$; $X = T_{\text{років норм.}} = 10$ років;

Тоді в трикутнику - ABC, $\text{tg } \alpha = AB: AC = 600:10 = 60$

Підставивши всі значення коефіцієнтів, одержуємо формулу зміни несучої спроможності:

$Y = -60T_{\text{нормат}} + 600$

При значенні $T = 10$ років експлуатації, несуча здатність балки стає рівною умовному нулю (IV КТС), і тоді функція має наступне значення, яке дорівнює також нулю:

$Y = -60 \times 10 + 600 = 0$

Згідно довідкового документа [4], наше вираження здобуває вид:

$F = -60t + 600$ або $F = 600 - 60t$

Розглянемо трикутник ΔBKF , де при несучій здатності балки $Y = 2040 \text{ кН/см}^2$ (для III КТС), втрати становлять 360 одиниць.

Визначимо критичний строк безпечної експлуатації (при зміні категорії технічного стану до рівня III КТС).

Це і буде початкова крапка A_1 (фіг. 1,) відліку для наступних ремонтів.

Із трикутника ΔKBF визначаємо $\text{tg } \alpha = KB: KF$, де:

катет KF – це критичний строк безпечної експлуатації для III КТС, позначаємо символом $T_{\text{без. III КТС}}$.

Звідси $KF = KB : \text{tg } \alpha$ і тоді приймаємо, що $T_{\text{без. III КТС}} = 360:60 = 6$ років

Графік № 1 повністю підтверджує правильність рішень.

Точка перетину A_1 (фіг. 1) з горизонтальною прямою що позначає III КТС ($Y=240$) показує, що конструкцію можна продовжувати експлуатувати в колишньому режимі, до вичерпання повної несучої здатності.

Отримане значення часу - перетин у точці A_1 (фіг. 1) і буде ' – першим ремонтним періодом після введення в експлуатацію, що становить 6 років і позначається як - $T_{\text{поч. розр.}}^{\text{розрахунковий}}$.

Однак через 6 років треба необхідно(обов'язково) виконати певні заходи щодо проектних рішень, для відновлення колишньої несучої здатності балки.

У разі їх невиконання, при подальшій експлуатації, на несучу здатність починають впливати фактори часу по впровадженню проектів посилення або ремонту конструкції.

Відновлення несучої здатності (спроможності) може відбуватися по трьох варіантах:

- через 0.5 року;

- через 1 рік;

- через 2 роки

При розробці проекту посилення або ремонту, завжди приймаються рішення для відновлення 100 % несучої здатності. Але для впровадження проекту необхідний час на виготовлення, підготовчі роботи, неможливість негайної зупинки технології і багато інших факторів.

І от за цей час балка продовжує втрачати несучу здатність.

Величини втрат складуть:

- через $\frac{1}{2}$ року – 30 кН/см^2 ;

- через 1 рік – 60 кН/см^2 ;

- через 2 роки – 120 кН/см^2 .

Тобто практично - балку не можливо відновити до первісних проектних параметрів по несучій здатності. При впровадженні проекту ремонту або посилення балка буде мати наступні параметри по несучій здатності:

- через $\frac{1}{2}$ року – 2370 кН/см^2 ;

- через 1 рік – 2340 кН/см²;
- через 2 роки – 2280 кН/см².

Значення несучої здатності з величинами рівними 2370 кН/см², 2340 кН/см², 2280 кН/см² на графіку № 1 фіг. 1 позначимо точками A_1^1 , A_1^{11} , A_1^{111} і з'єднаємо кольоровими лініями із точкою A_1 , що має значення координатних осей x і y , які дорівнюють (6; 240). Лінії A_1^{11} , A_1^{111} виходять із прямої позначеної індексом 1 з урахуванням втрат, викликаних строками впровадження проекту.

У зв'язку з тим, що ми розглядаємо самий негативний випадок (впровадження через 2 роки), то за розрахункову другу точку приймаємо A_1^{111} з координатами (8; 480). На графіку № 1 фіг. 1, хід подій позначений пунктирною лінією 2¹.

З огляду на що впровадження проекту виконується за 1 добу до закінчення строку, тому величиною недовикористання несучої здатності $\Delta\delta=0,16$ нехтуємо і вважаємо, що графік відновлення фактично відбувається по залежності $X=A$ і на інших періодах експлуатації конструкції підкранової балки (див. таблицю № 3, стовпець 3), (фіг. 1-8).

Складемо рівняння для прямої $A_1A_1^{111}$, що підлегла загальному рівнянню виду:

$$ax + by + c = 0^*$$

Визначимо по формулі $K = y_2 - y_1/x_2 - x_1$, і отримуємо значення

$$K = 480 - 240 : 8 - 6 = 120$$

Підставивши значення координат крапок прямої, одержимо систему рівнянь:

$$6a + 240b + c = 0$$

$$8a + 480b + c = 0$$

Із другого рівняння віднімемо друге і одержимо:

$$2a + 240b = 0, \text{ звідки}$$

$$a = -120b$$

Підставимо в перше рівняння системи і одержимо:

$$6(-120b) + 240b + c = 0, \text{ і якого одержимо:}$$

$$-720b + 240b + c = 0, \text{ звідки}$$

$$b = c/480$$

Надане значення b , підставимо в рівняння $a = -120b$ і одержимо

$$a = -120 \cdot c/480 = -120c/480 = -c/4$$

Отримані коефіцієнти a і b , підставляємо у рівняння $ax + by + c = 0^*$

Рівняння набуває наступний вигляд:

$-C/4 \cdot X + C/480 \cdot Y + C = 0$, скоротивши на C і помноживши на 480, одержуємо рівняння: $-120X + Y + 480 = 0$, звідси рівняння прямої $A_1A_1^{111}$ (см. на графіку № 1, табл. № 3 стовпець 3, рядок 2), буде мати такий вигляд:

$$Y = 120X - 480^*$$

Розрахункові рівняння інших ліній зводимо в таблицю № 3 (стовпець 3).

Аналіз показує що коефіцієнт K змінюється до значення нуля у крапці A_9 , переходячи в лінію функції $Y = B$, тобто в лінію III КТС.

Далі отримані значення несучої здатності (точки A_1^1 ; A_1^{11} ; A_1^{111}) на графіку з'єднаємо прямими які паралельні прямій $Y = -60x + 600$, тобто основному математичному закону зміни несучої здатності, до перетинання її з горизонтальною прямою, що позначає III КТС.

Одержуємо точку A_2 . Із точки A_2 опускаємо перпендикуляр на координатну пряму осі OX . Одержуємо результат $T_{\text{екс}} = 12$ років.

Це говорить про те, що критичний строк відновлення несучої здатності, необхідно виконувати після 12 років експлуатації і після проведення 1^{го} початкового розрахункового ремонту. Конструкцію можна ще експлуатувати в колишньому режимі.

Однак, після першого ремонту через 6 років (критична точка A_2 , фіг. 1, 2), необхідно виконати повторні ремонтні заходи щодо проектних рішень, для відновлення несучої здатності.

Отримані значення часу від точки A_1 до точки A_2 є першим міжремонтним періодом, тривалість якого становить 6 років.

Надалі робимо розрахунок критичних строків початку наступних планових ремонтів, по формулах, виведеними винахідником:

$$T_{i \text{ поч (cr des, beg time)}}^{\text{пл}} = T_{i-1 \text{ поч}}^{\text{пл}} + \Delta T_i, \text{ де:} \quad [3]$$

$T_{\text{поч}}^{\text{розр}}$ – позначає початковий час експлуатації з моменту будівництва до першої критичної

точки A_1 ;

cr des, beg time - критичний розрахунковий, початковий час

T_0 – позначає час початку експлуатації, яке дорівнює нулю 0; [4]

$$\Delta T_i = [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5], \text{ – позначає:} \quad [6]$$

- величину зміни, для визначення строку чергового, наступного міжремонтного періоду, щодо попередні.

n – порядковий номер ремонту - 1, 2, 3, ..., m ;

$T_{\text{без}}^{\text{III КТС}}$ – визначено раніше і становить 6 років.

5 Критичні значення строків початку виконання ремонтів.

Визначимо значення критичних строків початку планування ремонтів для точок $A_1, A_2 \dots A_8$ по вище наведеній формулі [3] і одержимо значення:

Строк першого початкового розрахункового ремонту після уведення в експлуатацію, фіг. 1, точка A_1 визначаємо:

10 $1^{\text{й}}$ - (точка A_1) $T_{\text{поч}}^{\text{розр}} = T_0 + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 0 + [6 - (1-1) \cdot 0,5] = 6$ років;

Строки початку $1^{\text{го}}$ наступних планових ремонтів фіг. 2-8:

$1^{\text{й}}$ - (точка A_2) $T_{1 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{\text{поч}}^{\text{розр}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 6 + [6 - (1-1) \cdot 0,5] = 12$ років;

$2^{\text{й}}$ - (точка A_3) $T_{2 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{1 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 12 + [6 - (2-1) \cdot 0,5] = 17,5$ років;

$3^{\text{й}}$ - (точка A_4) $T_{3 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{2 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 17,5 + [6 - (3-1) \cdot 0,5] = 22,5$ років;

15 $4^{\text{й}}$ - (точка A_5) $T_{4 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{3 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 22,5 + [6 - (4-1) \cdot 0,5] = 27$ років;

$5^{\text{й}}$ - (точка A_6) $T_{5 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{4 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 27 + [6 - (5-1) \cdot 0,5] = 31$ рік;

$6^{\text{й}}$ - (точка A_7) $T_{6 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{5 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 31 + [6 - (6-1) \cdot 0,5] = 34,5$ років;

$7^{\text{й}}$ - (точка A_8) $T_{7 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{6 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 34,5 + [6 - (7-1) \cdot 0,5] = 37,5$ років;

20 $8^{\text{й}}$ - (точка A_9) $T_{8 \text{ поч}}^{\text{пл}} = T_{7 \text{ поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] = 37,5 + [6 - (8-1) \cdot 0,5] = 40$ років

Отримані значення відзначаємо на прямий що позначає III КТС і осі ОХ.

Знайдені значення є початковими строками початку ремонтів і кінцевими строками для попередніх, а так само необхідні для визначення рівнянь функцій прямих відновлення несучої здатності. Графічне підтвердження – опускаючи перпендикуляри зі значень точок $A_1 \dots A_8$, на вісь ОХ, одержуємо значення часу, що підтверджує правильність розрахункових значень по параметру - час міжремонтних періодів.

25 Приймаємо, що перший ремонт повинен бути виконаний у плинні $\frac{1}{2}$ півроку (точка A_1^1 фіг. 1), тому наступна відбудовна несуча здатність балки не може бути більше ніж 2370 кН/см^2 .

Виходячи із цього критичні значення¹ несучої здатності балки після впровадження технічних заходів складуть:

30 - через $\frac{1}{2}$ року – 2340 кН/см^2 ;

- через 1 рік – 2310 кН/см^2 ;

- через 2 роки – 2250 кН/см

Значення несучої здатності на графіку № 1 фіг. 2, позначені точками $A_2^1, A_2^{11}, A_2^{111}$. Отримані точки $A_2^1, A_2^{11}, A_2^{111}$ на графіку № 1 фіг. 2, з'єднуємо прямою яка паралельна прямій $Y = -60x + 600$, тобто основному математичному закону зміни несучої здатності.

35 Одержуємо критичну точку A_3 фіг. 2, яка перетинає горизонтальну пряму, що позначає III КТС. Із точки A_3 опускаємо перпендикуляр на координатну пряму осі ОХ.

Одержуємо результат 17,5 років. Значення збігається з розрахунковим для $T_{2 \text{ поч}}^{\text{пл}}$.

40 Це говорить про те, що наступний строк відновлення несучої здатності настає після 17,5 років експлуатації і після проведення 2^{x} ремонтів.

Конструкцію можна ще експлуатувати в колишньому режимі.

Однак після першого і другого ремонтів через 17,5 років (точка A_3 фіг. 2), необхідно виконати чергові ремонтні заходи щодо проектних рішень, для відновлення несучої здатності.

45 Отримані значення часу від точки A_2 до точки A_3 є другим міжремонтним періодом, що становить 5,5 років.

За аналогією будуємо наступні частини графіка фіг. 3-8. Одержуємо наступні значення:

- третім міжремонтним періодом (точки $A_3 A_4$ фіг. 3), що становить 5 років;

- четвертим міжремонтним періодом (точки $A_4 A_5$ фіг. 4), що становить 4,5 роки;

- п'ятим міжремонтним періодом (точки $A_5 A_6$ фіг. 5), що становить 4 роки;

50 - шостим міжремонтним періодом (точки $A_6 A_7$ фіг. 6), що становить 3,5 роки;

- сьомим міжремонтним періодом (точки $A_7 A_8$ фіг. 7), що становить 3 роки;

- восьмим міжремонтним періодом (точки $A_8 A_9$ фіг. 8), що становить 2,5 роки.

Дані тривалості міжремонтних періодів, підтверджуються розрахунками по формулі [6], що має вигляд рівняння:

55 $\Delta T_{i \text{ нач}} = [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5]$,

Надалі робимо розрахунок критичних строків закінчення наступних планових ремонтів з урахуванням строку впровадження проекту, по формулах, виведеними автором:

$T_{i \text{ кін}}^{\text{пл}} = (T_{i-1 \text{ поч}}^{\text{пл}} + \Delta T_i) + T_{\text{впр}}^{\text{розр}}$, де: [7]

$T_{\text{поч}}^{\text{розр}}$ – позначає час експлуатації з моменту будівництва до першої критичної точки A_1 ;

$T_0 = 0$; [4]

$T_{\text{впрров}}^{\text{розр}}$ – позначає час впровадження проекту, рівне 2 роки; [5]
 $\Delta T_i = [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5]$, [6]

- позначає величину зміни, для визначення строку чергового, наступного міжремонтного періоду;

n – порядковий номер ремонту - 1, 2, 3, ..., m ;

$T_{\text{без}}^{\text{III КТС}}$ – визначено раніше і становить 6 років.

5 Критичні значення строків закінчення ремонтів за умови 2^x річні строки впровадження проекту ремонту або посилення конструкції: Визначаємо значення критичних строків закінчення ремонтів для крапок $A_1 A_2 \div A_8$

по формулі [7] і одержимо значення:

1^й - (точка A_1^{111}) $T_{\text{кінц}}^{\text{розр}} = T_0 + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 0 + [6 - (1-1) \cdot 0,5] + 2 = 8$ років;
 10 2^й - (точка A_2^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} - (T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 6 + [6 - (1-1) \cdot 0,5] + 2 = 14$

років;
 3^й - (точка A_3^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 12 + [6 - (2-1) \cdot 0,5] + 2 =$

19,5 років;
 4^й - (точка A_4^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 17,5 + [6 - (3-1) \cdot 0,5] + 2 =$

15 24,5 років;
 5^й - (точка A_5^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 22,5 + [6 - (4-1) \cdot 0,5] + 2 =$

29 років;
 6^й - (точка A_6^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 27 + [6 - (5-1) \cdot 0,5] + 2 = 33$

роки;
 7^й - (точка A_7^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 31 + [6 - (6-1) \cdot 0,5] + 2 =$

20 36,5 років;
 8^й - (точка A_8^{111}) $T_{\text{кін}}^{\text{пл}} = (T_{\text{поч}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{III КТС}} - (n-1) \cdot 0,5] + T_{\text{впрров}}^{\text{розр}} = 34,5 + [6 - (7-1) \cdot 0,5] + 2 =$

39,5 років

25 Подальші технічні рішення з ремонту практично не здійсненні тому що вони стають дуже трудомісткими, тривалими і не можуть забезпечити значний міжремонтний період. Тому подальша експлуатація балки виробляється до вичерпання її несучої здатності, тобто до критичного значення - IV КТС

Графічне підтвердження – побудувавши перпендикуляри з осі OX з отриманих значень і з'єднавши їхніми горизонтальними прямими відповідного значення втрати несучої здатності, одержуємо критичні точки $A_1^{111} \div A_8^{111}$ фіг. 1-8.

30 Виконавши розрахунки у відповідності методики визначення математичної залежності несучої здатності, і склавши з часом впровадження проекту, отримуємо результати, що підтверджують правильність розрахункових значень, викладених у дійсному пункті.

Маючи значення точок початку ремонтів і величину зміни несучої здатності кожного наступного періоду, коефіцієнт пропорційності, складаємо рівняння інших прямих відновлення і зниження несучої здатності(спроможності), по наступній методології:

35 Так для прямої із цифровим індексом 2 (фіг. 1. 2), по попередній методології визначаємо математичне значення рівняння прямих, у такий спосіб:

У трикутнику ΔS_2 точка A_1^{111} є однією з характерних крапок. Знайдемо значення початку і кінця ремонту, для першого міжремонтного періоду, які визначаються по формулах [7], [3] і мають значення 8 і 12 років, з яких значення 12 належить до характерної точки A_2 . Тоді значення координат характерних точок будуть наступними:

- для точки A_1^{111} – (8; 480);

- для точки A_2 – (12; 240).

45 Підставивши значення координат точок прямих, одержимо систему рівнянь:

$12a + 240b + c = 0$

$8a + 480b + c = 0$

З першого рівняння віднімемо друге і одержимо:

$4a - 240b = 0$, звідки

50 $a = 60b$

Підставимо в перше рівняння системи і одержимо:

$12 \times (60b) + 240b + c = 0$, з якого одержимо:

$720b + 240b + c = 0$, $960b + c = 0$, звідки

$b = -c / 960$

55 Надане значення B , підставимо в рівняння $a = 60b$ і одержимо:

$a = 60 \times (-c/960) = -60c/960 = -c/16$

Отримані коефіцієнти a і b , підставимо в рівняння $ax + by + c = 0^*$

Рівняння набуває наступний вигляд:

- $C/16 \cdot X + (-C / 960) \cdot Y + C = 0$, скоротивши на C і помноживши на -960 , одержуємо рівняння: $60X + Y - 960 = 0$, звідси рівняння прямих A_1^{111} A_2 (дивися на графіку № 1, фіг. 1, 2), буде мати такий вигляд:

$$Y = -60X + 960$$

5 Це і є рівняння прямої із цифровим індексом 2, фіг. 2.

Отримані рівняння прямих, формули яких зводимо в таблицю № 3 (див. графік № 1, фіг. 1-8).

Зведена таблиця втрат і відновлення несучої здатності

Таблиця № 3

| №№ ліній на графіку | Формула графіка функції втрат несучої здатності. Область існування функції | Формула графіка функції відновлення несучої здатності. Область існування функції |
|---------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | $Y = -60x + 600; Y \in [120; 600]$ | |
| 2 ¹ | | $Y = 120x - 480^*$ - лінія $A_1 A_1^{111}$ Прийнято $X = 8; Y \in [120; 480]$ |
| 2 | $Y = -60x + 960; Y \in [120; 480]$ | |
| 3 ¹ | | $Y = 105x - 1020^*$ - лінія $A_2 A_2^{111}$ Прийнято $X = 14; Y \in [120; 450]$ |
| 3 | $Y = -60x + 1290; Y \in [120; 450]$ | |
| 4 ¹ | | $Y = 90x - 1335^*$ - лінія $A_3 A_3^{111}$ Прийнято $X = 19,5; Y \in [120; 420]$ |
| 4 | $Y = -60x + 1590; Y \in [120; 420]$ | |
| 5 ¹ | | $Y = 75x - 1447,5^*$ - лінія $A_4 A_4^{111}$ Прийнято $X = 24,5; Y \in [120; 390]$ |
| 5 | $Y = -60x + 1860; Y \in [120; 390]$ | |
| 6 ¹ | | $Y = 60x - 1380^*$ - лінія $A_5 A_5^{111}$ Прийнято $X = 29; Y \in [120; 360]$ |
| 6 | $Y = -60x + 2100; Y \in [120; 360]$ | |
| 7 ¹ | | $Y = 45x - 1155^*$ - лінія $A_6 A_6^{111}$ Прийнято $X = 33; Y \in [120; 330]$ |
| 7 | $Y = -60x + 2310; Y \in [120; 330]$ | |
| 8 ¹ | | $Y = 30x - 795^*$ - лінія $A_7 A_7^{111}$ Прийнято $X = 36,5; Y \in [120; 300]$ |
| 8 | $Y = -60x + 2490; Y \in [120; 300]$ | |
| 9 ¹ | | $Y = 15x - 322,5^*$ - лінія $A_8 A_8^{111}$ Прийнято $X = 39,5; Y \in [120; 270]$ |
| 9 | $Y = -60x + 2640; X \in [0; 270]$ | |

10 Балка протягом строку експлуатації може перетерплювати 8 міжремонтних періодів і один плановий ремонт з початку експлуатації.

Далі точки A_9 не має сенсу робити ремонтні роботи, тому експлуатація балки виробляється до повного використання її несучої здатності.

15 За час переходу її в IV КТС (точка A_{10}), що становить 4 роки, виконують повну інженерну підготовку по заміні балки.

Розглядаючи графік № 1 фіг. 1-8, робимо повний аналіз взаємозалежних параметрів (час і агресивність середовища).

20 Зниження несучої здатності підкранової балки після введення її в експлуатацію відбувається по математичній залежності:

$$Y = -60x + 600, \text{ (лінія BC, фіг. 1)}$$

Через 6 років, коли втрата несучої здатності складе 240 одиниць (точка F), а категорія технічного стану конструкції буде вже класифікуватися як III КТС, керівник цехової служби експлуатації, разом з іншими технічними службами підприємства ухвалюють рішення щодо ремонту або посилення конструкції.

25 Ухвалення рішення про строк початку і закінчення ремонту, а також наступні ремонти, повинні прийматися не пізніше строків, обумовлені по виведенням автором залежностям, по формулах [3÷7].

З огляду на, що з моменту ухвалення рішення по посиленню, до моменту впровадження проекту проходить не менш 2 років (умова завдання), протягом якого виробляється повна інженерна підготовка - (проект, замовлення, ПОР) і технічна - (забезпечення матеріалами і виготовлення) і інші види підготовок по реалізації проекту.

5 За ці 2 роки ми маємо додаткову втрату несучої здатності балки на 120 одиниць, тобто її експлуатація, після точки F, переходить у зону IV КТС.

Відбувається подальша руйнація і додаткова втрата несучої здатності до величини рівної 119,84 одиниць і критична точка F зміщується в крапку E¹, а потім у плині 1 доби виробляється ремонт.

10 З'єднаємо точку E¹ із точками A₁¹¹¹ й E, одержимо прямокутний трикутник

$\triangle E^1 A_1^{111} E$, у якому кут $\angle A_1^{111} E^1 E$ буде близьким до 90°.

Значення величини відрізка часу E¹ E буде дорівнює 1/365=0,0027 року, якщо порівнювати величину 1 рік і 1 добу, а якщо 2 роки - то ще менша.

Тому, у зв'язку з тим, що відновлення балки відбувається дуже швидко, приймаємо:

15 - що графік лінії відновлення несучої здатності - пряма паралельна осі ординат

OY, з математичною залежністю $X=A$, де:

A - величина рівна значенню критичного строку закінчення ремонту при умові 2^x річного строку впровадження проекту ремонту або посилення конструкції і обумовлена по формулі [7].

20 Дана функція існує в межах - від мінімального значення рівного $\Delta Q=120$ одиниць до максимального - рівного відбудовній величині несучої здатності, для даного періоду її експлуатації (дивися значення ординати графіка № 1 фіг. 1.), тобто

$Y_i \in [\Delta Q_{\min}(T_{i-1 \text{ кон}}^{\text{пл}}); \Delta Q_{\max}(T_{i \text{ кон}}^{\text{пл}})]$.

Екстремальні значення ΔQ (областей існування функцій $Y_1 \div Y_8$) зазначені в таблиці №3, стовпець 3.

25 Наприклад:

Для прямій $X=8$ (на графіку № 1 - лінія 2¹, фіг. 1), функція Y_1 існує в певних межах і їй належить значення $[X; Y]$, тобто $Y_1 \in [120; 480]$.

Необхідно враховувати, що при розробці проекту посилення, ремонту необхідно закладати такий варіант, щоб у результаті його впровадження, одержати первісну або попередню несучу здатність.

30 На графіку № 1 фіг. 1, візуально представлено, що з урахуванням втрат несучої здатності за період 2 роки, максимальна несуча здатність після впровадження проекту, фактично буде дорівнювати лише 480 одиницям або 80 % від первісної несучої здатності (для першого ремонту).

35 Надалі, при експлуатації балки, події розвиваються по тим ж законам зміни несучої здатності, які зазначені в таблиці № 3 і графіку № 1 фіг. 1+8, і в пояснювальній записці.

Визначення теоретичної тривалості експлуатації конструкції.

Теоретична тривалість експлуатації, що є кінцевим строком експлуатації конструкцій робимо в наступному порядку.

40 Для цього:

Визначаємо площу (S) трикутників, розташованих вище лінії III КТС по загальноприйнятих математичних формулах, або використовуючи формули інтегрування:

Для трикутника ΔS_1 фіг. 1, визначимо по формулі:

$$S_{i\Delta} = \int_{T_0}^{T_{\text{поч}}^{\text{розрах}}} (f_1(x) - f_2(x)) dx ;$$

45 Для рішення нашого завдання формула набуває наступний вигляд:

$$S_{i\Delta} = \int_{T_0}^{T_{\text{поч}}^{\text{розрах}}} (f_1(x) - 240) dx ;$$

[8]

$$S_{1\Delta} \int_0^6 (600 - 60x) - 240 dx = \int_0^6 (360 - 60x) dx = \int_0^6 360 dx - \int_0^6 60x dx =$$

$$= S_{1\Delta} = 360 \int_0^6 dx - 60 \int_0^6 x dx = 360 \left| x \right|_0^6 - 60 \times \frac{x^2}{2} \left|_0^6 = 360 \cdot (6 - 0) - 30 \times (36 - 0) =$$

$$= 2160 - 1080 = 1080 \text{ ед}^2$$

Перевіримо отриману величину, з величиною обумовленої по формулі визначення площі трикутника $S = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h = \frac{1}{2} \times 6 \times 360 = 1080 \text{ од}^2$

Величини ідентичні.

Площа трикутника ΔS_2 фіг. 2, 15 - першого ремонтного періоду, визначимо по формулі:

$$S_{2\Delta} = \int_{T_{\text{кон}}^{\text{розрах}}}^{T_{\text{нач}}^{\text{пл}}} (f_1(x) - 240) dx = \int_8^{12} (960 - 60x) - 240 dx = 480 \text{ ед}^2 \quad [9]$$

Подальше визначення площ трикутників можна розраховувати по формулі:

$$S_{i\Delta} = \int_{T_{i-2\text{кін}}^{\text{пл}}}^{T_{i-1\text{поч}}^{\text{пл}}} (f_i(x) - 240) dx \quad [10]$$

Наприклад:

5 Для трикутника $\Delta S_{5\Delta}$ формула [10] буде виглядати так:

$$S_{5\Delta} = \int_{T_{3\text{кін}}^{\text{пл}}=24,5}^{T_{4\text{нач}}^{\text{пл}}=27} (1860 - 60x) - 240 dx = 187,5 \text{ ед}^2$$

Порівнюючи дані графіка № 1 фіг. 4, переконуємося в правильності величин для наступного розрахунку.

10 Розрахункова величина площин всіх трикутників ΣS_{Δ} , розташованих вище лінії III КТС, складе 2610 од².

Кінцевий строк експлуатації конструкції.

Кінцевий строк експлуатації визначаємо:

- по графіку № 1 фіг. 8, точка A_9 визначаємо кінцевий строк експлуатації який дорівнює 40 рокам, дорівнює розрахунковій величині $T_{8\text{нач}}^{\text{пл}}$.

15 Середня величина втрат напруг при експлуатації конструкції.

Середню величину втрат напруг при експлуатації конструкції визначаємо по формулі:

$$\Delta\sigma_{\text{ср}} = \Sigma S_{\Delta} : T_{8\text{нач}}^{\text{пл}}$$

- знаходимо для трикутників $\Delta\sigma_{\text{ср}} = 2610 : 40 = 65,25 \text{ кН/см}^2$

- знаходимо експлуатаційне середнє значення $\Delta\sigma_{\text{ср}}^{\text{екс}}$ рівне:

20 $\Delta\sigma_{\text{ср}}^{\text{екс}} = 240 + 65,25 = 305,25 \text{ кН/см}^2$, що відповідає значенню несучої здатності балки, яка дорівнює 2106 кН/см², яке більше ніж значення III КТС і забезпечує безпечну і надійну експлуатацію підкранової балки в часі.

Це говорить про те, що конструкція експлуатується при нормальних навантажувальних параметрах у зоні від II КТС до критичного значення III КТС.

25 Сумарна величина площ фігур обмежених лініями графіка при експлуатації конструкції.

Визначаємо сумарну значення площин фігур обмежених лініями графіка:

- знаходимо $S_{\text{зар}} = 40 \text{ років} \times 240^{\text{III КТС}} = 9600 \text{ од}^2$

- знаходимо $S_n = 0,5 \times 240 \times 4 = 480 \text{ од}^2$

- знаходимо $\Sigma S = S_{\Delta} + S_n + S_{\text{зар}} = 12690 \text{ од}^2$

30 Теоретичний середній строк експлуатації конструкції при певному значенні втрат напруг.

Теоретичний середній строк експлуатації конструкції при певному значенні втрат напруг, визначимо в такий спосіб:

Визначимо середній строк експлуатації балки, що дорівнює:

$$T_{\text{ср}}^{\text{екс}} = \Sigma S_{\Delta} : \Delta\sigma_{\text{ср}}^{\text{екс}} = 12690 : 305,25 = 41,57 \text{ років}$$

35 Із графіка № 1 фіг. 1-8, визначаємо наслідки, що:

- теоретичний час експлуатації підкранової балки при проведенні ремонтних робіт, становить 44 роки, тому що конструкція багаторазово посилювалась і ремонтувалась.

- середній теоретичний час експлуатації 41, 57 років.

- різниця між строками становить 2,43 роки

40 Висновки:

Багаторазовість ремонтів наближає середню величину строку експлуатації балки до теоретичного.

Ґрунтуючись на результатах практичних даних при існуючому і досягнутому рівні експлуатації, отримані наступні значення строків безпечної експлуатації:

45 - фактичний строк безпечної експлуатації підкранових балок (до перших проявів дефектів аварійного характеру) становить 30-35 років.

Значення фактичних і теоретичних, середнього строків відрізняються друг від друга через низку грубих порушень правил технічної експлуатації, що різко змінюють строк їхньої безпечної експлуатації (див. експлуатаційні негативні фактори).

Ці дані повністю підтверджуються експлуатаційними даними на підприємстві "Криворіжсталь". У балках після 35 років експлуатації, у цехах з важким режимом експлуатації, почали виникати дефекти аварійного характеру (тріщини і ін.) у масовому порядку, тому що конструкції мали безліч порушень правил технічної експлуатації конструкцій.

На практиці, у початковому періоді експлуатації (до точки A_5), не приймаються складні і трудомісткі технічні рішення з ремонту або посиленню балок через значні матеріальні витрати.

Практично, після точки A_5 тривалість міжремонтних періодів незначна і дорівнює 4 роки і менше, а кількість конструкцій дуже значна.

Тому, у так званій "Зоні прийняття особливих рішень" (точки $A_5 \div A_9$), необхідно приймати кардинальні рішення у відповідності вимог нормативних документів [1], за п. 3.1.6.4. Одним з таких рішень може бути посилення конструкцій балки різними методами, включаючи посилення "шпренгельною системою різноманітного виконання".

Ступінь взаємозв'язку і співвідношення строків впровадження проекту зі строками експлуатації конструкції.

Знаходження математичних співвідношень строків впровадження проекту зі строками "життя" (експлуатації) конструкції з метою визначення оптимальних строків усунення дефектів, виробляється в такий спосіб:

- на графіку №1 фіг. 1÷8, наочно проглядається залежність, що з моменту впровадження проекту посилення або ремонту балки (протягом 2 років, точка A_1^{111}) і нової компанії по здійсненню наступного ремонту (точка A_2^{111}), визначають строки її безпечної експлуатації, які на графіку №1 становлять 8 і 14 років. Різниця в часі при впровадженні проектів становить $14-8=6$ років.

Спостерігається співвідношення 1:3 тобто річна несвоєчасність виконання посилення балки, приведе до 3 і більше рокам зменшення строку її експлуатації.

При розрахунку по інших точках A_2^{111} , A_3^{111} , A_4^{111} , A_5^{111} середнє значення співвідношень становить 1:2,5

В умовах діючих підприємств це співвідношення грає дуже істотне значення тобто:

- якщо протягом року не впроваджується проект ремонту або посилення, тоді губиться 2,5 роки експлуатації балки (життя конструкції);
- якщо протягом двох років не впроваджується проект ремонту або посилення, тоді втрачається 5 і більше років експлуатації балки ("життя конструкції") і т.д.

Якщо умовно з'єднати точки $A_1 \div A_8$ із критичними значеннями несучої здатності балки (точки $A_1^{111} + A_8^{111}$), за умови впровадження проектів протягом 2^x років, тоді, вирішивши по методології, ми одержуємо ряд математичних залежностей для похилих прямих, зведених у таблицю № 4.

Таблиця № 4

| Точки ліній з'єднань | Рівняння лінії |
|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 |
| $A_1-A_1^{111}$ | $Y = 120X - 480^*$ |
| $A_2-A_2^{111}$ | $Y = 105X - 1020^*$ |
| $A_3-A_3^{111}$ | $Y = 90X - 1335^*$ |
| $A_4-A_4^{111}$ | $Y = 75X - 1447,5^*$ |
| $A_5-A_5^{111}$ | $Y = 60X - 1380^*$ |
| $A_6-A_6^{111}$ | $Y = 45X - 1155^*$ |
| $A_7-A_7^{111}$ | $Y = 30X - 795^*$ |
| $A_8-A_8^{111}$ | $Y = 15X - 322,5^*$ |

Аналізуючи величини $K = \operatorname{tg} \alpha$ (стовпець 2 таблиці № 4) рівнянь виду

$Y = KX + B^*$ і величину B , дійдемо висновку, що:

- $\operatorname{tg} \alpha$ постійно зменшується на 15 одиниць, тому похилі прямі $A_1 A_1^{111}$, $A_2 A_2^{111}$, ..., $A_8 A_8^{111}$ прагнуть до горизонтального положення, тобто зміна коефіцієнта K до значення нуля у крапці A_9 , приводить функцію $Y = KX + B$ до рівняння виду $Y = B$, що має значення $Y = 240$, а це лінія III КТС;

- у формулах між точками A_4 і A_6 відбувається різка подальша зміна (зменшення) значень величини B . Цей період є переломним при експлуатації балки.

Беручи до уваги, що розвиток подій може відбуватися по трьох варіантах, тому якщо умовно з'єднати ламаними лініями точки A_1^1 , A_2^1 , A_3^1 , ..., A_8^1 , точки A_1^{11} , A_2^{11} , A_3^{11} , ..., A_8^{11} , точки A_1^{111} , A_2^{111} , A_3^{111} , ..., A_8^{111} і зробити середню лінію, що з'єднає верхні точки, тоді одержимо три

графічних зображення, за допомогою не можливо визначити взаємозалежні параметри і які не будуть характеризувати розвиток реальних подій по певним математичними залежностями.

Вони можуть дозволити визначити лише необхідні екстремальні значення несучої здатності даного варіанта, для певного значення часу експлуатації. Цей параметр необхідний проектним організаціям.

Для розрахункового варіанта №1 фіг. 1-8, значення функції для визначення несучої здатності, має вигляд $F \approx 530 - 5,9t$.

При цьому значення часу (t) має межі від 0 до 50 років.

Методологічне рішення варіанта № 2

Даний варіант має - низький рівень змісту і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів.

Критерієм початку кожного наступного ремонту, є зниження несучої здатності до рівня IV КТС категорії технічного стану.

Якщо експлуатація і зміст конструкції відбувається по даному варіанті, з використанням повного ресурсу балки (до значення IV КТС), то тоді відновлення несучої здатності до нормальних значень, повинно вироблятися в самий найкоротший час, тобто не більше 6 місяців.

При порушенні або у випадку зволікання строків відновлення несучої здатності, може привести до непередбаченої ситуації.

У цьому випадку ймовірність виникнення дефектів аварійного характеру (тріщини) значно зростає. Тому строки відновлення 1 рік або 2 роки виключаються, тому що при виникненні експлуатаційних порушень, вони обов'язково приведуть до аварійної ситуації. Приймаємо строк впровадження проекту посилення $T_{\text{впров}}^{\text{розрах}}$, який становить не більше ніж 0,5 року.

Якщо припустити, що розвиток подій при експлуатації відбувається по даному варіанті і доведення її до IV КТС, тоді математична залежність має графічне зображення експлуатації, представленого на графіку № 2 фіг. 9-12.

Робимо подальші розрахунки і аналіз за методикою викладеної у варіанті №1 з відповідними значеннями для формул [3÷10]. Результати розрахунків викладаються далі.

Визначаємо:

Критичні значення строків початку ремонтів:

$$T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} = 10 \text{ років};$$

$$T_0 = 0$$

Визначимо значення критичних строків початку ремонтів для точок E_1 , E_2 , E_3 по наведеній вище формулі [3] і одержимо значення:

Строк першого $1^{\text{го}}$ початкового розрахункового ремонту після введення в експлуатацію:

$$1^{\text{й}} - (\text{точка } C_1) T_{\text{поч.}}^{\text{розр}} = T_0 + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1)0,5] = 0 + [10 - (1-1) 0,5] = 10 \text{ років};$$

Строк $1^{\text{го}}$ і наступних міжремонтних періодів:

$$1^{\text{й}} - (\text{точка } C_2) T_{1 \text{ поч.}}^{\text{пл}} = T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1) 0,5] = 10 + [10 - (1-1) 0,5] = 20 \text{ років};$$

$$2^{\text{й}} - (\text{точка } C_3) T_{2 \text{ поч.}}^{\text{пл}} = T_{1 \text{ нач.}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1) 0,5] = 20 + [10 - (2-1) 0,5] = 29,5 \text{ років};$$

Далі визначаємо, що значення періоду експлуатації йде в розріз вимогам ПТЕ (якщо зробити ще один ремонт), графік № 2

$$3^{\text{й}} - (\text{точка } C_4) T_{3 \text{ нач.}}^{\text{пл}} = T_{2 \text{ нач.}}^{\text{пл}} + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1) 0,5] = 29,5 + [10 - (3-1) 0,5] = 38,5 \text{ років};$$

Далі визначаємо:

Критичні значення строків закінчення ремонтів за умови впровадження проекту ремонту або посилення конструкції через 0,5 року.

Визначимо значення критичних строків закінчення ремонтів для крапок C_1 , C_2 по формулі [7] і одержимо значення:

$$1^{\text{й}} - (\text{точка } E_1) T_{\text{кін.}}^{\text{розр}} = T_0 + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1)0,5] + T_{\text{впров}}^{\text{розр}} = 0 + [10 - (1-1) 0,5] + 0,5 = 10,5 \text{ років};$$

$$2^{\text{й}} - (\text{точка } E_2) T_{1 \text{ кін.}}^{\text{пл}} = (T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} + [T_{\text{без}}^{\text{IV КТС}} - (n-1) 0,5] + T_{\text{впров}}^{\text{розр}} = 10 + [10 - (1-1) 0,5] + 0,5 = 20,5 \text{ року};$$

Значення періоду експлуатації, що йде в розріз вимогам ПТЕ

$$3^{\text{й}} - (\text{точка } E_3) T_{2 \text{ кон.}}^{\text{пл}} = (T_{1 \text{ пл.}}^{\text{пл}} + [T_{1 \text{ нач.}}^{\text{пл}} - (n-1) 0,5] + T_{\text{внєд}}^{\text{розр}} = 20 + [10 - (2-1)0,5] + 0,5 = 30 \text{ років.}$$

Далі, після виконання ремонту в крапці 3_3 , конструкція може експлуатуватися до повного використання ресурсу, що дорівнює 38,5 років.

Аналіз взаємозалежних параметрів (час і несуча здатність, агресивність середовища)

По раніше запропонованій методиці визначаємо рівняння зниження і відновлення несучої здатності, які мають наступні вираження, представлені таблиці № 5

Таблиця № 5

| №№ ліній на графіку | Формула графіка функції втрат несучої здатності, Область існування функції | Формула графіка функції відновлення несучої здатності. Область існування функції |
|---------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | $Y = -60x + 600; Y \in [0; 600]$ | |
| 2 ¹ | | $X = 10,5; Y \in [0; 570]$ |
| 2 | $Y = -60x + 1200; Y \in [0; 570]$ | |
| 3 ¹ | | $X = 20,5; Y \in [0; 540]$ |
| 3 | $Y = -60x + 1770; Y \in [0; 540]$ | |
| 4 ¹ | | $X = 30; Y \in [0; 510]$ |
| 4 | $Y = -60x + 2310; Y \in [0; 510]$ | |

Балка за час строку експлуатації може потерпати два міжремонтних періоди і один плановий ремонт.

Однак необхідно враховувати те, що при експлуатації конструкцій технічний персонал підприємств керується державними або галузевими нормативними документами.

А для даного варіанта критичний строк експлуатації балки згідно ПТЕ становить:

$T^{кр} = 29,5$ років (дивися графік № 2, фіг. 9÷12)

Але, з огляду на фактичну і практичну тривалість експлуатації приймаємо, що до повного вичерпання ресурсу балки, допускається проведення ще одного, останнього ремонту - зона трикутника $\Delta C_3 E^1_3 C_4$

Далі після точки C_4 не має сенсу робити ремонтні роботи, тому завчасно, до переходу технічного стану в IV КТС (точка C_4), роблять всебічну інженерну підготовку і роблять заміну балки.

Робимо подальший аналіз із взаємозалежним параметрам (час і несуча здатність):

Визначення площ трикутників розташованих вище лінії IV КТС графіка № 2

- визначимо площу S_{Δ} трикутників, розташованих вище лінії IV КТС по загальноприйнятих формулах, величина якої складе 10710 од^2 .

Визначення кінцевого строку експлуатації конструкції

- за графіком фіг. 12, і формулі рівняння для лінії 4, визначаємо строк експлуатації рівний $38,5$ років.

Визначення середньої величини втрат напруг при експлуатації конструкції

- знаходимо $\Delta \sigma_{ср}^{екс} = (600 + 0) / 2 = 300 \text{ кН/см}^2$.

Визначення теоретичного строку експлуатації конструкції при певнім значенні втрат напруг

- визначимо розрахунковий середній строк експлуатації балки, що дорівнює:

$T_{екс}^{ср} = \Sigma S_{\Delta} : \Delta \sigma_{ср}^{екс} = 10710 : 300 \approx 35,7$ років.

А розрахунковий середній строк згідно нормативного документа становить:

$T_{птз}^{ср} = \Sigma S_{\Delta} : \Delta \sigma_{ср}^{екс} = 8415 : 300 \approx 28,05$ років.

Із графіка № 2 фіг. 9÷12, визначаємо наслідки, що:

- теоретичний час експлуатації підкранової балки при проведенні ремонтних робіт, становить $28,05$ років, тому що конструкція неодноразово посилювалась і ремонтувалась.

- середній час експлуатації $35,7$ років,

- різниця між строками становить $35,7 - 28,05 = 7,65$ років.

Різниця між середніми строками експлуатації I і II варіантів складе:

$\Delta T_{екс}^{ср} = T_{порівн I вар}^{екс} - T_{порівн II вар}^{екс} = 41,57 - 35,7 = 5,87 \approx 6$ років

$\Delta T_{екс} = T_{порівн I вар}^{екс} - T_{птз II вар}^{екс} = 41,57 - 29,5 = 12,07$ років

Висновки:

Небагаторазовість ремонтів призводить до значної різниці середньої величини строку експлуатації балки від теоретичної.

Щоб втрати несучої здатності від первісних значень були мінімальними, тому необхідно щоб виконувались відновлювальні роботи в найкоротший термін.

Узагальнені висновки для розробки варіантів прогнозування строків усунення дефектів за значеннями параметрів - двох варіантів.

На підставі наведених розрахунків і аналізу встановлено, що максимальний строк для відновлення несучої здатності, є критичним значенням, що повинен бути мінімальним, але не більше 3-6 місяців, і він буде оптимальним для початку подальших розрахунків таблиці № 6 (рядок 2, стовпець 6 - початкова розрахункова точка).

На підставі вище наведених перевірочних розрахунків, висновків, міркувань і практичних даних по строках розробки і впровадження проектів ремонтів і посилень, придбання, виготовлення деталей посилень, приступаємо до складання "Таблиці варіантів прогнозування строків усунення дефектів і ушкоджень конструкцій", установлюючи певні обмеження:

5 Для категорій технічного стану III ► IV, Б ► А (рядок 2, стовпець 6) приймаємо наступне:

- максимальний строк усунення дефектів - 6 місяців;

- мінімальний строк усунення дефектів - 3 місяці

Для стовпця 6 модуль часу по вертикалі становить 6 місяців

Для категорій технічного стану III, Б (рядок 3, стовпці 3-6) приймаємо модуль часу 6 місяців

10 Для категорій технічного стану II ► III, В ► Б (рядок 4, стовпці 3-6) приймаємо модуль часу 6 місяців.

На підставі прийнятих суджень створюємо таблицю № 6 "Таблицю варіантів прогнозування строків усунення дефектів і ушкоджень конструкцій"

Грунтуючись на практичні дані при існуючому і досягнутому рівні експлуатації констатуємо наступні дані:

- фактичні строки ремонту балок становить 0,5-0,8 року;

- фактичні строки заміни балок 1-3,5 роки, з моменту ухвалення рішення на її заміну.

Дані висновки повністю збігаються зі значеннями на графіку, при переході технічного стану III ► IV КТС.

20 Це означає, що хід міркувань і запропоновані значення в таблиці № 6, для прогнозування строків усунення дефектів, логічні і вони підтверджені на практиці.

При визначенні строків усунення дефектів приймаються до уваги всі фактори - нормативний галузевий строк експлуатації конструкції під впливом навантажень і ступеня агресивності середовища, поява, накопичення і розвиток дефектів, порушень ПТЕ, а також зміна міцносних характеристик матеріалів, поперечних перерізів, зміна проектного їх положення та інше.

25 Строки прогнозування відрізняються від строків залишкового ресурсу конструкцій для того, щоб усунути дефекти і недоліки на ранніх етапах їхнього виникнення, з метою ліквідації факторів нагромадження і розвитку їх, а також появи нових. Прогнозування строків усунення дефектів носить рекомендаційний характер, який не враховує негативні фактори при експлуатації конструкцій.

30 Прогнозований строк усунення дефектів, деформацій, порушень правил технічної експлуатації (ПТЕ) встановлюється працівником відділу спостережень безпечної експлуатації або іншою технічною службою по одному з наступних варіантів:

35 - дефекти і деформації в металевих конструкціях категорії - А, IV КТС - у залізобетонних конструкціях, усуваються в найкоротший термін або негайно.

Строк усунення залежить від ступеня агресивності середовища, небезпеки обвалення і можливих наслідків. В особливих випадках видається ПРИПИС по усуненню дефектів наступним чином:

40 - дефекти, деформації в металевих конструкціях категорії Б ► що переходить у А, III ► що переходить у IV для залізобетонних конструкцій, усуваються протягом від 3 до 18 місяців;

- дефекти, деформації в металевих конструкціях категорії - Б, III категорії у залізобетонних конструкціях, усуваються в поточному або наступному році;

- дефекти, деформації в металевих конструкціях категорії - В, I-II категорій в залізобетонних конструкціях, усуваються в поточний або наступний роки.

45 Остаточні строки усунення дефектів у конструкціях прогножуються і визначаються у відповідності таблиці № 6 "Таблиця варіантів прогнозування строків усунення дефектів і ушкоджень у металевих і залізобетонних конструкціях".

На даний час продовження або зміна прогнозованих строків усунення дефектів і ушкоджень у конструктивах регламентується "Нормативними документами з питань обстежень, паспортизації, безпечної і надійної експлуатації промислових будівель та споруд", або відповідно до стандарту підприємства.

Зміна строків усунення дефектів, деформацій, причин і наслідків рекомендовані НДІ і іншими спеціалізованими організаціям, виробляється у встановленому порядку.

55 В Україні немає затвердженого нормативного документа який би регламентував варіативність прогнозування строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану.

А для експлуатаційних і технічних служб підприємств, параметр часу більш або менш безпечної та надійної експлуатації конструкцій, а також зв'язок часу впровадження проектів ремонтів, дуже важливий і уявляє собою, як у цей час, так і у майбутньому - актуальну проблему.

60 Всі раніш отримані результати, висновки, припущення зводимо воедино.

Таким чином створюємо таблицю № 6, яка здобуває наступний вигляд:

Таблиця № 6

Таблиця варіантів прогнозування строків усунення дефектів і ушкоджень для металевих і залізобетонних конструкцій діючих підприємств

| № варіанту | Категорія технічного стану конструкції, дефекту | Строк усунення дефектів залежно від ступеню агресивності середовища експлуатації (місяців) | | | |
|------------|---|--|-----------------|--|------------------|
| | | неагресивна | слабо агресивна | середньо агресивна | сильно агресивна |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | М/К - IV, А З/Б - IV | У найкоротший термін, зазначені у ПРИПИСУ, але не більше - 3 | | Негайно, у строк зазначений у ПРИПИСУ, але не більше - 1-2 | |
| 2 | М/К-III ► IV, Б ► А З/Б - III ► IV | 12÷18 | 9÷12 | 6÷9 | 3÷6 |
| 3 | М/К - III, Б З/Б - III | ≤24 | 18÷24 | 12÷18 | 6÷12 |
| 4 | М/К-II ► III, В ► Б З/Б - II ► III | 30÷36 | 24÷30 | 18÷24 | 12÷18 |
| 5 | М/К - I÷II, В З/Б - I÷II | до 48 | до 36 | до 30 | до 24 |

Примітка:

Встановлений працівником і затверджений у встановленому порядку строк усунення дефектів урахує час інженерної підготовки і виконання будівельно-монтажних робіт, тому що зміна строків усунення невідповідностей може призвести до зміни фізико - механічних і інших параметрів конструкцій.

5 Загальні причини виникнення дефектів у металевих і залізобетонних конструкціях будинків і споруд.

Після виконання процесів вивчення і натурних дослідів, аналізу і систематизації дефектів розробляється перелік основних причин виникнення дефектів, які діляться на 6 категорій з метою диференціації процесів розробки і усунення наслідків, а також заходів, що їх компенсують.

10 1. "Активні фактори" - експлуатаційні і технічні, кількість яких близько 25.

Основними для розрахункової конструкції балки є:

- агресивність технологічного процесу, у сполученні із внутрішнім середовищем і природними атмосферними факторами навколишнього середовища і ін. природних факторів;
- вплив первинних і вторинних руйнуючих факторів технологічного процесу; - характер, 15 ступінь, швидкість, інтенсивність, величина, глибина їхнього проникнення, час впливу, і ін.;
- порушення правил технічної експлуатації (мех. ушкодження і ін.);
- несвоєчасність ремонтів (відсутність антикорозійних покриттів);
- вібраційні і динамічні впливи і багато хто інші.

20 2. "Пасивні фактори" - проектні прорахунки, кількість яких близько 22.

Основними для розрахункової конструкції балки є:

- помилки у виборі лакофарбових покриттів при недооцінці інтенсивності і впливу позитивної температури;
- недооцінка впливу факторів фактичних режимів експлуатації в порівнянні з первісним проектом;
- 25 - відсутність і порушення контролю нормативними або рекомендованих спеціалізованими організаціями строків обстежень і інших.

3. "Комплексні фактори" - природні техногенні і технологічні, кількість яких близько 5.

Основними для розрахункової конструкції балки є:

- сейсмічні природні;
 - 30 - сейсмічні при веденні буро-підричних робіт у кар'єрах, шахтах;
 - 4. "Інші" - дотичних питань технічного ресурсу, тривалості експлуатації не встановлені.
 - 5. "Пасивні фактори" - "людський фактор" - низький рівень технічної служби підприємства.
- Основними для розрахункової конструкції балки є:

- часткове порушення регламенту інструментального контролю проектного положення;
- неналежне ведення нормативної експлуатаційної документації;
- низький рівень знань технологічним персоналом правил технічної експлуатації, на яких покладені функції оглядів, ремонтів і експлуатації;
- 5 - відсутність дозволів і посвідчень відповідних державних служб, що інспектують галузь, у відповідальних керівників і службовців підприємства;
- відсутність контролю технічними службами підприємства за реєстрацією ремонтів, заміни і схем обліку.
- 6. "Технічна, нормативно-методична оснащеність"
- 10 Основними для розрахункової конструкції балки є:
 - порушення строків державної перевірки обладнання у відповідних центрах стандартизації або інших підприємств;
- Основні можливі наслідки дефектів у металевих і залізобетонних конструкціях будівель та споруд.
- 15 Після виконання процесів аналізу і систематизації дефектів розробляється перелік основних наслідків, з метою диференціації процесів розробки заходів, що їх компенсують.
- Ступінь небезпеки визначається залежно від категорії технічного стану і швидкості розвитку дефектів
- Визначається ступінь і швидкість впливу дефектів на технічний стан конструкції.
- 20 - дефекти впливають на незначну втрату несучої здатності – II КТС;.
- дефекти впливають на значну втрату несучої здатності - III КТС;
- дефекти впливають на повну втрату несучої здатності - IV КТС.
- Основними для нашого розрахунку є:
 - потенційна ймовірність виникнення дефектів категорії А (тріщини в різних зонах
- 25 конструкції);
 - прогини і зміна проектного положення;
 - висока ймовірність ступеню обвалення при колишніх технологічних навантаженнях;
 - зміна КТС будівлі в цілому;
 - зупинка експлуатації певної зони будинку і як наслідок зупинка технологічного процесу.
- 30 Пропозиції і рекомендації із забезпечення необхідного рівня технічного стану конструкції підкранової балки
- Короткі технічні рішення по методах ремонту для короткочасної експлуатації кранової конструкції:
 - зміна інтенсивності експлуатації кранового обладнання;
- 35 - зміна вантажопідйомності;
- часткове закриття зони будинку для виключення знаходження в ній експлуатаційного і іншого персоналу і інших заходів.
- Короткі технічні рішення по методах ремонту і заміні конструкцій для довготривалої експлуатації
- 40 Для забезпечення необхідного рівня технічного стану необхідно виконати:
 - для залізобетону:
 - застосування композитних матеріалів канадських фірм "Ксайлекс", "Джимайт", всесвітньо відомі фірми "SIKA", "SCHOMBURG", а також вітчизняних фірм "Композит", ТОВ НИЦ "Адгезив" і ін;
- 45 - рекомендується виконати антикорозійне покриття по проектах.
 - для металевих конструкцій:
 - своєчасність ремонтних робіт з посилення різними методами такими як:
 - відновлення площі поперечного перерізу (стінок, полиць), що забезпечує безпечну і надійну експлуатацію при заданих навантаженнях і режимах експлуатації листовими і
- 50 прокатними елементами:
 - посилення конструкцій ламелями;
 - посилення шпренгельними системами різного конструктивного виконання;
 - установка додаткових опор і інші способи.
- Інші рекомендації:
 - 55 - виконати антикорозійні або ін. покриття з/б і металевих конструкцій;
 - не допускати тривалості відмов покрівлі;
 - не допускати тривалості відмов внутрішніх і зовнішніх мереж водопостачання і каналізації,
 - виконати працездатність стулок, що відкриваються, світло-аераційних ліхтарів;
 - виконати геодезичну перевірку проектного положення і інших параметрів кранового шляху,
- 60 а у випадку невідповідностей нормам, виконати рихтування і інші роботи;

- виконати перевірку, а у випадку невідповідностей - відновлення заземлення конструкцій і інших.

Рекомендації з поліпшення експлуатації будівельних конструкцій:

5 - виключити концентровані і наднормативні навантаження - "мертві вантажі" при експлуатації підкранових балок;

- при зміні або реконструкції кранового устаткування зі зміною вантажопідйомності - треба з початку виконати посилення основних несучих конструкцій каркаса будівлі або споруди.

Порівняння строків експлуатації двох варіантів

10 Порівняльні характеристики тривалості експлуатації конструкції залежно від ступеня змісту в безпечному стані двох варіантів наступні:

Таким чином порівнюючи значення строків констатуємо:

- розрахунковий період експлуатації балки при високому рівні змісту конструкцій, становить 44 роки (I варіант)

15 - розрахунковий період експлуатації балки при низькому рівні змісту і вимог ПТЕ, становить 29,5 року (II варіант).

Виходячи з вимог ПТЕ, рішення про подальшу експлуатацію конструкції приймається тільки відповідальним керівником, на якого покладені функції утримання конструкцій у технічно справному стані.

Графік № 2 фіг. 9÷12 дозволяє візуально зробити наступний висновок:

20 - подальша експлуатація конструкції балки, після дворазових виникнень дефектів аварійного характеру (у точках C_1 і C_2) повинна виконуватися у відповідність вимог, викладених у пункті 3.1.6.4 ПТЭ - [1] який інтерпритований у наступній редакції:

- у випадку, коли тріщина в елементі, двічі піддавалася заварці, виникає знову, необхідно прийняти спеціальні заходи для його посилення або замінити.

25 Різниця безпечного строку експлуатації при двох різних варіантах змісту конструкцій, становить $44 - 29,5 = 14,5$ років, а це строк який більше нормативного строку експлуатації для даного типу конструкції у відповідність ПТЭ.

Відповідно до довідкової документації [4], по формулі визначення залишкового ресурсу, що має вид $T_R = \Delta t \times (F_{cr} - F : F_{pr} - F_{cr})$.

30 Раніше був визначений залишковий ресурс, що дорівнює

$$T_R = 41,5 \times (2040 - 1800 : 2400 - 2040) \approx 28 \text{ років}$$

Отримана величина повністю збігається з теоретичними і практичними висновками результатів тривалості при існуючому і досягнутому рівні експлуатації, що становить для підкранових балок (до перших проявів дефектів аварійного характеру) становить $27 \div 35$ років.

35 Висновок по утриманню конструкцій:

Конструкції балок, при заданих режимах (досить важкий) і умовах експлуатації (сильно агресивне середовище), бажано містити по варіанту № 1.

Залежність несучої здатності і строків безпечної експлуатації з урахуванням рівня утримання конструкцій.

40 Залежність між несучою здатністю і строками безпечної експлуатації конструкції, з огляду на фактори - рівня і ступеню експлуатації конструкції і ведення нормативної документації технічними службами підприємства, визначається на підставі всебічного аналізу.

Для успішного рішення поставленого завдання необхідно, вивчити експлуатаційну документацію і виконати аналіз по якому з варіантів виконувалась експлуатація і утримання 45 підкранової балки.

У випадку, коли задовільно фіксувалися дані в експлуатаційній документації, тоді легко виконати аналіз за графіком № 1 фіг. 1÷8, варіанта № 1 і визначити, яке значення несучої здатності в цей(теперішній, дійсний) час.

50 На підставі зробленого аналізу технічним службам необхідно приймати рішення по утриманню конструкції в технічно справному або безпечному стані.

Але бувають випадки коли в журналах по експлуатації взагалі не виконуються записи або проводяться вони вкрай незадовільно.

У цьому випадку приймається для аналізу II варіант і графік № 2 фіг. 9÷12,

- низький рівень змісту і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів.

55 Дуже важливий показник експлуатації - кількість ремонтів виконаних до критичного моменту, викликаного необхідністю ухвалення рішення для ремонту.

Якщо і кількість ремонтів не встановлено, тоді приймається, що балка належить до IV КТС, де точка C_1 є характерною (початковою) для початку ремонту, незалежно від того скільки часу експлуатувався балка. У кожному разі необхідно виконати ремонт.

60

Якщо кількість ремонтів відомо (точки C_1, C_2, C_3), тоді на осі ОХ графіку № 2 фіг. 9÷12, варіанта № 2, відзначаємо строк експлуатації конструкції і зводимо перпендикуляр з осі ОХ до перетинання з будь-якою прямою графіків функцій втрат або відновлення несучої здатності.

5 У точці перетинання із графіками функцій одержуємо характерну крапку.

Далі із цієї точки проводимо пряму паралельну осі ОХ до перетинання її з тільки із прямими 1, 2, 3, 4 графіків функцій, які показують що в кожному разі несуча здатність (спроможність) балки в дійсний період падає. Значення точки перетинання і буде показником несучої здатності в дійсний період.

10 Даний аналіз повинен вироблятися як експлуатаційним персоналом структурних підрозділів, так і технічною службою підприємства, на яку покладені функції нагляду за безпечною експлуатацією будівель та споруджень.

Необхідно враховувати, що в умовах діючих підприємств співвідношення викладене на сторінці 28, та грає дуже істотне значення, тобто:

15 - якщо протягом року не впроваджується проект ремонту або посилення, тоді губиться 2,5 роки експлуатації балки ("життя конструкції");

- якщо протягом двох років не впроваджується проект ремонту або посилення, тоді втрачається 5 років експлуатації балки ("життя конструкції") і т.д.

Відповідно до корисної моделі представляється можливим визначити взаємозв'язок:

20 - фактору часу і несучої здатності металоконструкцій;

- тривалості міжремонтних періодів і їхні критичні строки початку і кінця;

- несучої здатності (спроможності) балки в будь-який період експлуатації двох варіантів і інші залежності для визначення необхідних параметрів.

А також:

25 - виконати диференціацію процесів моніторингу і узгодження розрахункових частин, діючих у дійсний час нормативних документів, тому що не завжди вдається в повному обсязі встановити параметри проектних і фактично діючих навантажень у процесі експлуатації;

- спрощення і мінімізація строків для спеціалізованих організацій, чим забезпечується своєчасність економічних взаєморозрахунків;

30 - дозволяє експлуатаційним службам визначити несучу здатність (спроможність) конструкції в будь-який період експлуатації;

- дозволяє експлуатаційним службам визначити стратегію по фактору часу впровадження проекту, по його варіативності в частині технічних рішень ремонту або посилення, і багато чого іншого, тим самим забезпечивши надійну і безпечну експлуатацію конструкції;

35 - дозволяє проектним службам визначити мінімальне значення несучої здатності для певного строку експлуатації;

- робити моніторинг процесу обстеження конструкції у відповідності вимог міжнародних стандартів серій ISO, OHSAS.

40 Якщо розглядати обидва варіанти безпечної експлуатації конструкції з погляду (точки зору) економічної доцільності, то можна зробити висновок, що варіант № 2 доцільніше, ніж варіант № 1, хоча він досить ризикований.

Однак він практично найчастіше використовується на діючих підприємствах, але не слід скидати з рахунків і імовірність експлуатації конструкцій по першому варіанту - при високому рівні утримання і експлуатації конструкцій.

45 Висновки щодо прогнозування строків усунення дефектів на діючому підприємстві:

Протягом 4^х років здійснювалося статистичне фіксування точності прогнозування строків усунення дефектів по фактору - час, для різних типів конструкцій класифікованих як III і IV категорій технічного стану.

50 Час, протягом якого повинні бути усунуті невідповідності в конструкціях, прогнозувався по таблиці № 6 "Таблиця варіантів прогнозування строків усунення дефектів і ушкоджень для металевих і залізобетонних конструкцій" і уявляв собою кінцевий строк (термін) виконання дефектів згідно "ПРИПИСІВ", виданих фахівцями відділу спостережень за безпечною експлуатацією будівель та споруд.

Отримані наступні практичні результати:

55 - жодного факту і випадку помилкового прогнозування строків усунення дефектів протягом 4 років встановлено не було;

- з моменту закінчення терміну виконання усунень дефектів у відповідності "ПРИПISУ" до моменту аварії або обвалення - строк становив від 13 днів до 3 місяців.

Отримані результати є показниками точності прогнозування строків усунення дефектів.

У такий спосіб табличні значення строків усунення дефектів дозволили безпомилково прогнозувати строки усунення дефектів, але вони носять рекомендаційний характер.

Використовуючи табличні значення для прогнозування строків усунення дефектів, які повинні бути затверджені в стандартах підприємств, що дозволяють усунути протиріччя при прогнозуванні строків між експлуатаційними, технічними і проектними службами.

Система менеджменту якості основного процесу.

Таблиця процесу розроблена з метою виконання і приведення системи керування якістю при обстеженні конструкцій у відповідності вимог міжнародних стандартів МС ISO 9001-2000 "Система керування якістю", OHSAS 18001: 1999 "Система керування охороною праці", розроблений удосконалений метод підходу для реалізації основного процесу, що докорінно змінює рівень рішення питань і завдань для різних етапів процесу обстеження (табл. № 7)

Описана послідовність створює свого роду інформаційну базу даних, у якій акумулюється повна інформація про рівень експлуатації і технічного стану, що у свою чергу дозволяє оптимізувати строки і своєчасність виконання ремонтів і зниження витрат, а також приймати безпомилкові рішення проектним підрозділам підприємства або спеціалізованих організацій.

Після виконання натурних досліджень та відповідних розрахунків виконують роботи по відбудові конструкції, витягають зношені елементи і замінюють їх новими і відновлюють експлуатацію будівельної конструкції будівлі чи споруди.

5 Досягнення високого рівня результатів забезпечується завдяки використанню диференційованого розгляду і обробки параметрів моніторингу аналітичним, інтегральним і іншими методами на етапах "дефект-причина" і навпаки, з метою одержання достовірних результатів технічного стану об'єкту або конструкції.

Перелік довідкової і нормативно-технічної літератури

10 1. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) производственных зданий и сооружений предприятий черной металлургии Украины. 1995 год.

2. Украинский центр переподготовки и обучения. Материалы семинара 17-18 сентября 2003 года, г. Киев.

3. Техническая эксплуатация промышленных зданий. Н.В. Безребрый, И.В. Финаев, Г.В. Канаков и др. Волго - Вятское издание 1966 год.

15 4. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий. А.И. Голоднов ГНИИСК, г.Киев.

5. ДБН 362-92 "Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений" г. Киев, 1993.

20 6. "Нормативные документы по вопросам обследований, паспортизации, безопасной и надёжной эксплуатации производственных зданий и сооружений" г. Киев, 2003.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

25 Спосіб визначення технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням особливостей експлуатації, що включає визначення типу будівельного конструктивного елемента, визначення умов експлуатації і ступінь впливу негативних факторів знижуючих несучу здатність, аналіз поточного стану і експлуатації будівельної конструкції, виконання робіт з відновлення конструкції, добування зношених елементів і заміна їх новими, наступна фіксація проектного положення будівельної конструкції і поновлення її експлуатації, який **відрізняється** тим, що

30 після фіксації зносу конструкції, встановленого візуально та за допомогою відповідних діагностичних приладів, виконують технічний моніторинг конструкції, для цього: визначають тип і технічні параметри конструкції, граничні значення головних технічних параметрів по класифікації різних категорій технічного стану (КТС) конструкції, у відповідності з нормативними документами, визначають технічні умови експлуатації конструкції і ступінь впливу первинних і

35 вторинних виробничих факторів, що визначають виникнення і розвиток негативного впливу корозії, з наступними характеристиками: характер, ступінь, швидкість, інтенсивність, величину, глибину проникнення, розташування, час впливу і інші, при цьому припускають, що вплив основних експлуатаційних і будівельних негативних факторів і ступінь імовірності їхнього виникнення мінімальна, після чого одержують необхідні взаємозалежні параметри:

40 варіативність строків усунення дефектів для різних категорій технічного стану будівельних конструкцій залежно від ступеня агресивності середовища експлуатації; тривалість експлуатації конструкції залежно від ступеня змісту в безпечному стані двох варіантів, а також знаходження залежності між несучою здатністю і строками безпечної експлуатації конструкції, з огляду на фактор ступеня експлуатації і вмісти конструкції експлуатаційними службами, після чого

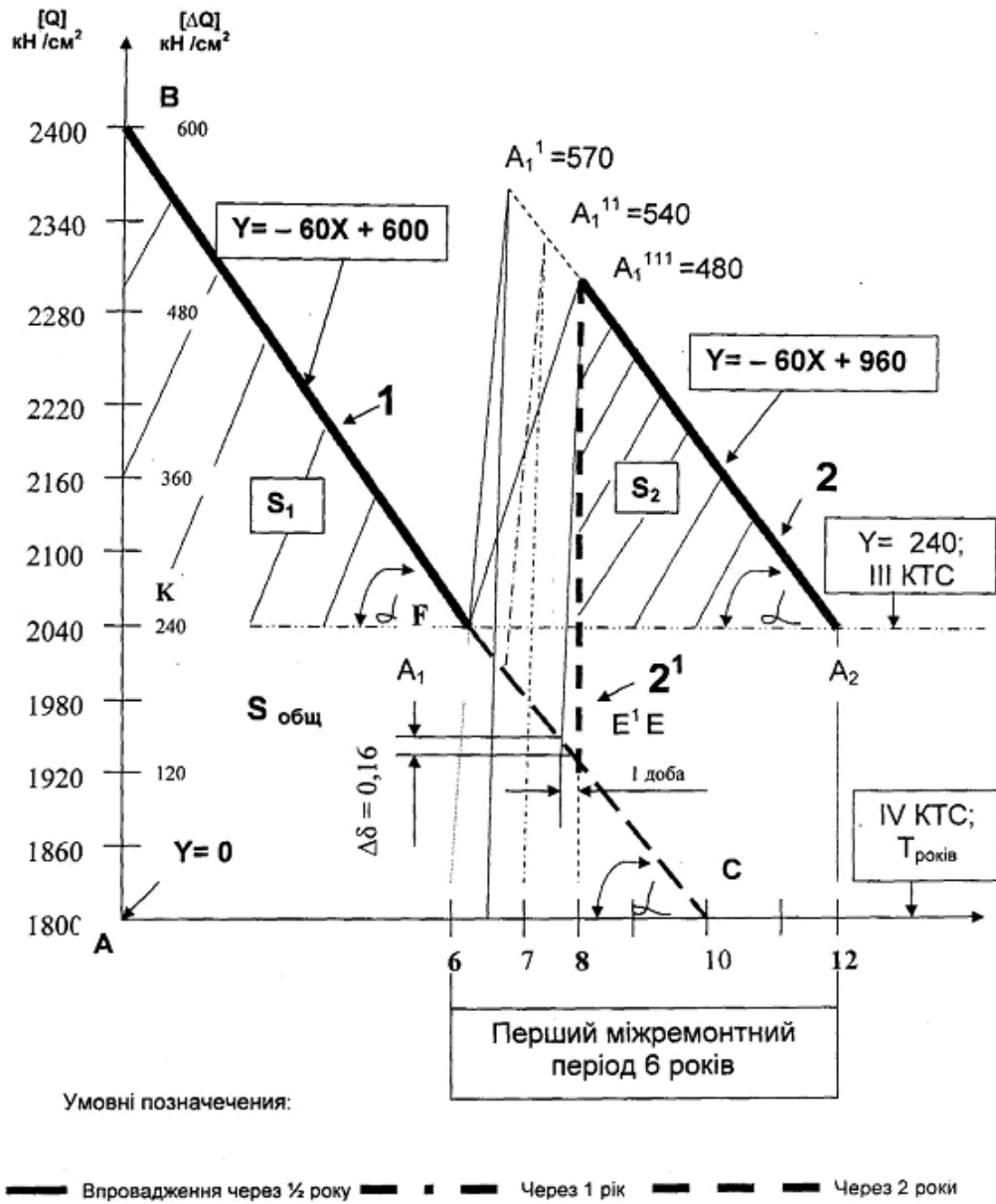
45 розглядають не менш двох альтернативних варіантів: високого рівня вмісту і експлуатації конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів, а також низького рівня вмісту і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів, для чого розглядають по черзі кожний з альтернативних варіантів, а саме: для високого рівня вмісту і експлуатації конструкцій з багаторазовою кількістю ремонтів встановлюють критерії для проведення ремонту і критичні

50 межі експлуатації конструкції, при цьому критерієм початку кожного наступного ремонту є зниження несучої здатності тільки до рівня третьої категорії технічного стану, далі на підставі проектної і нормативної документації фіксують проектні геометричні параметри конструкції і визначають нормативні строки безпечної і надійної експлуатації конструкції, а також моделюють область, ступінь і швидкість впливу корозії для різних типів перерізів залежно від форми з

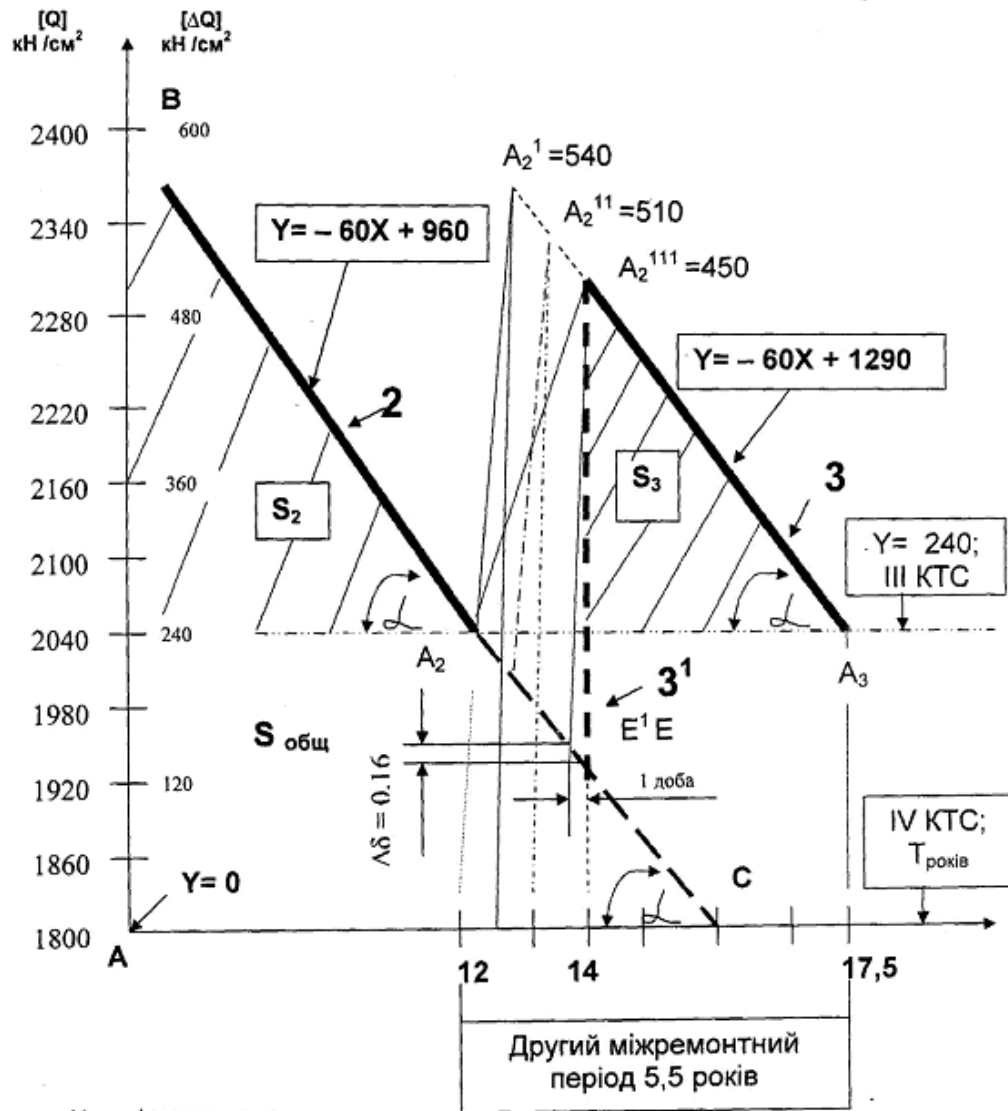
55 визначенням втрати перерізу в період нормативного строку експлуатації, потім виконують натурне обстеження конструкції і порівнюють обидва результати для прийняття остаточних значень, необхідних для подальших розрахунків, після чого визначають швидкість розвитку дефектів у рік і втрату несучої здатності залежно від марки сталі, з якої виготовлена конструкція, визначають критичні значення втрат несучої здатності для третьої і четвертої критичних

60 категорій технічного стану, на підставі яких переходять до графоаналітичних розрахунків, при

яких визначають математичну залежність розвитку швидкості корозії металоконструкції і зміни її несучої здатності, що виконується в такий спосіб на графіку в декартових координатах, де на осі абсцис відзначають критичні величини значень несучої здатності балки напочатку і наприкінці нормативного строку експлуатації, на осі ординат - нормативний строк експлуатації, після чого з'єднують точки і одержують лінійну математичну залежність зміни несучої здатності конструкції виду $Y = - KX + B$, з фактичним значенням $Y = - 60X + 600$ для даної розрахункової конструкції, після чого на побудованому графіку наносять лінії критичних значень двох категорій технічного стану конструкції, що мають математичну залежність $Y = B$, причому перетинання основної лінії зміни несучої здатності з лінією критичного стану однієї з категорій, дає критичні точки - кінця безпечного строку експлуатації, після якого необхідно виконати ремонт або посилення конструкції, далі роблять розрахунок значень критичних строків початку і кінця планових ремонтів, причому по різниці між значеннями отриманими результатами визначають тривалість ремонтних періодів і роблять (виконують) повний аналіз взаємозалежних параметрів: тривалість експлуатації конструкції, несучої здатності в період експлуатації і роблять (виконують) остаточні розрахунки і порівняння теоретичної і середньої тривалості експлуатації конструкції, далі визначають критичне значення несучої здатності, при різних рівнях експлуатації конструкції в плинні тривалого часу, після виконують графо-аналітичне рішення при низькому рівні вмісту і експлуатації конструкцій з незначною кількістю ремонтів, причому критерієм початку кожного наступного ремонту, є зниження несучої здатності до рівня четвертої категорії технічного стану, причому якщо експлуатація і вміст конструкції відбувається по даному варіанту, тобто використання повного ресурсу балки до значення четвертої категорії технічного стану, то тоді відновлення несучої здатності до нормальних значень, повинне вироблятися в самий найкоротший час, тобто не більше 6 місяців, а після остаточних розрахунків двох варіантів виконують узагальнені висновки для прийняття вихідних значень для розробки варіантів прогнозування строків усунення дефектів, при цьому приймається, що фактичні строки ремонту металоконструкцій становлять $0,5 \div 0,8$ року, а фактичні строки заміни металоконструкцій $1 \div 3,5$ роки, з моменту ухвалення рішення на її заміну, при цьому при визначенні строків усунення дефектів приймаються в увагу всі фактори - нормативний галузевий строк експлуатації конструкції під впливом навантажень і ступеня агресивності середовища, поява, накопичення і розвиток дефектів, порушення правил технічної експлуатації, а також зміна міцнісних характеристик матеріалів, поперечних перерізів, зміна проектного їхнього положення та інше, причому (до того ж) надалі визначають загальні причини виникнення дефектів у конструкції, що підрозділяються на шість категорій, до яких належать: "активні фактори" - експлуатаційні і технічні; "пасивні фактори" - проектні прорахунки; "комплексні фактори" - природні техногенні і технологічні; "інші" - стосуються питань технічного ресурсу, "людський фактор" - рівень кваліфікації технічної служби підприємства; "технічна, нормативно - методична оснащеність", а потім після виконання процесів аналізу і систематизації дефектів розробляється перелік можливих наслідків, а на підставі диференціації процесів причин і можливих наслідків, розробляються пропозиції і рекомендації по забезпеченню необхідного рівня технічного стану конструкції, які передбачають короткочасні або тривалі технічні рішення, за часом її експлуатації, а так само пропозиції для розробки варіантів проектування, а на основі аналізу роблять порівняння строків експлуатації залежно від ступеня змісту в безпечному стані двох варіантів, після цього знаходять залежність між несучою здатністю і строками безпечної і надійної експлуатації конструкції, з урахуванням рівня утримання конструкції і ведення нормативної документації технічними службами підприємства, після чого виконують роботи по відбудові конструкції, витягають зношені елементи і заміняють їх новими і відновлюють експлуатацію будівельної конструкції будівлі чи споруди.



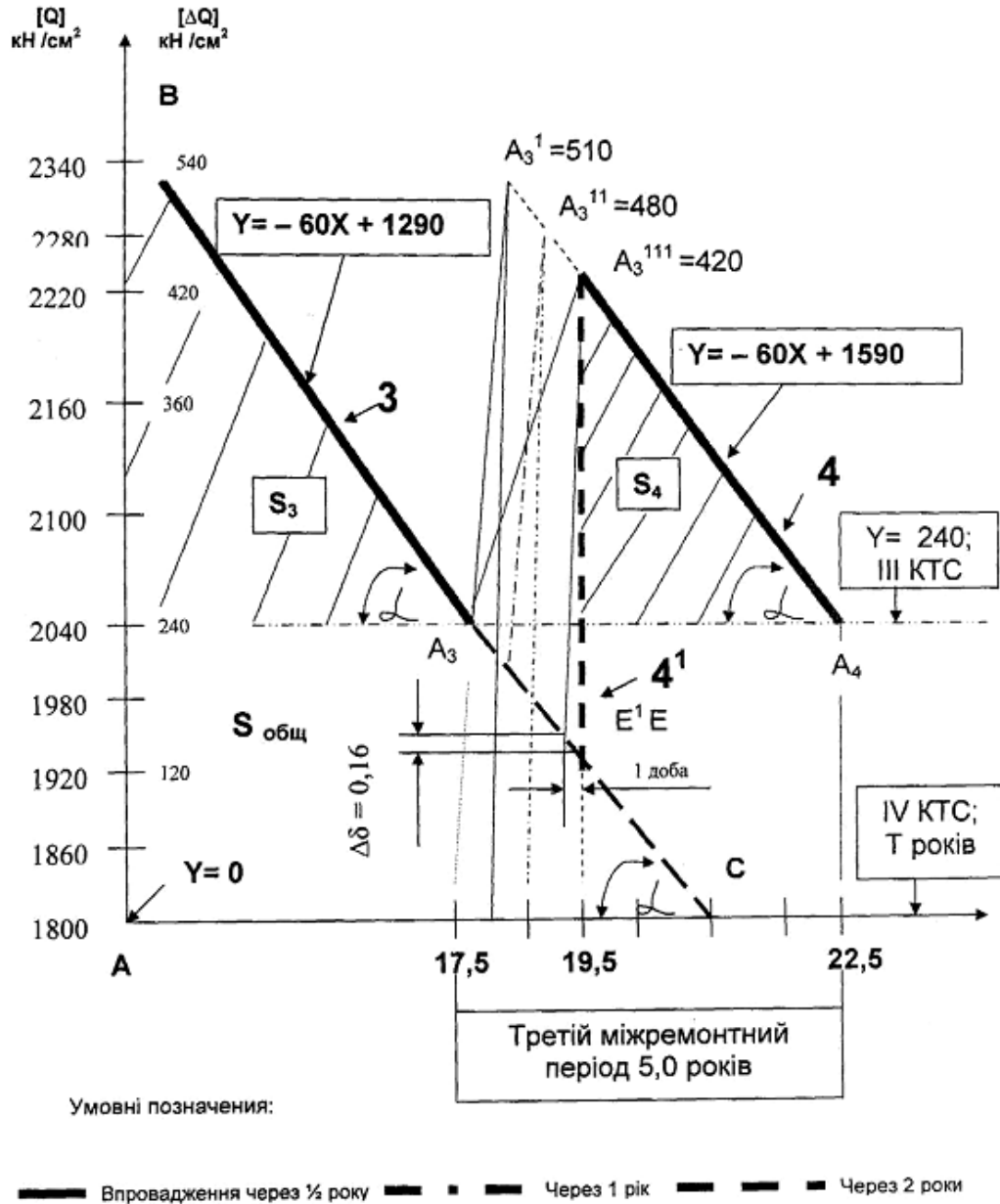
Фіг. 1



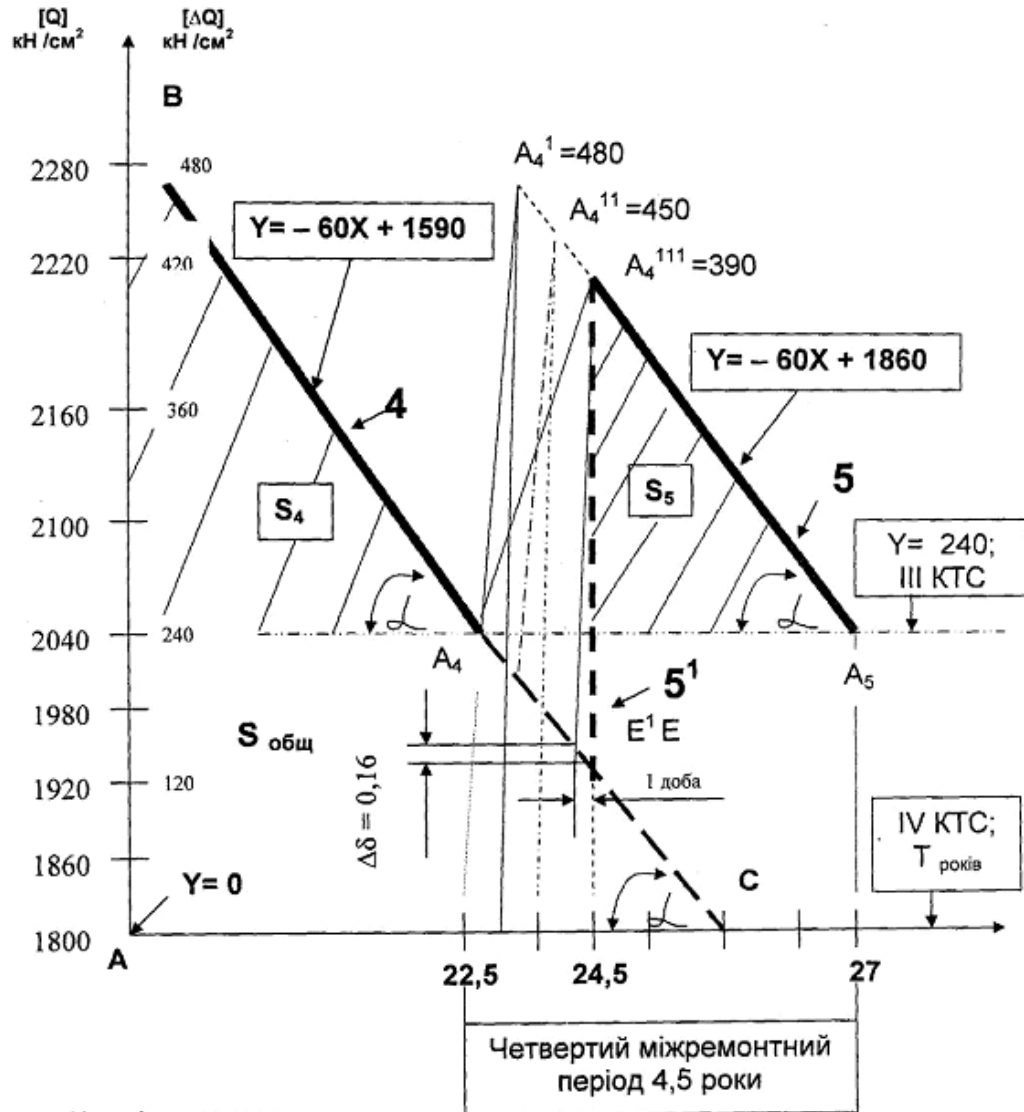
Умовні позначення:

— Впровадження через ½ року — — — Через 1 рік — — — Через 2 роки

Фіг. 2



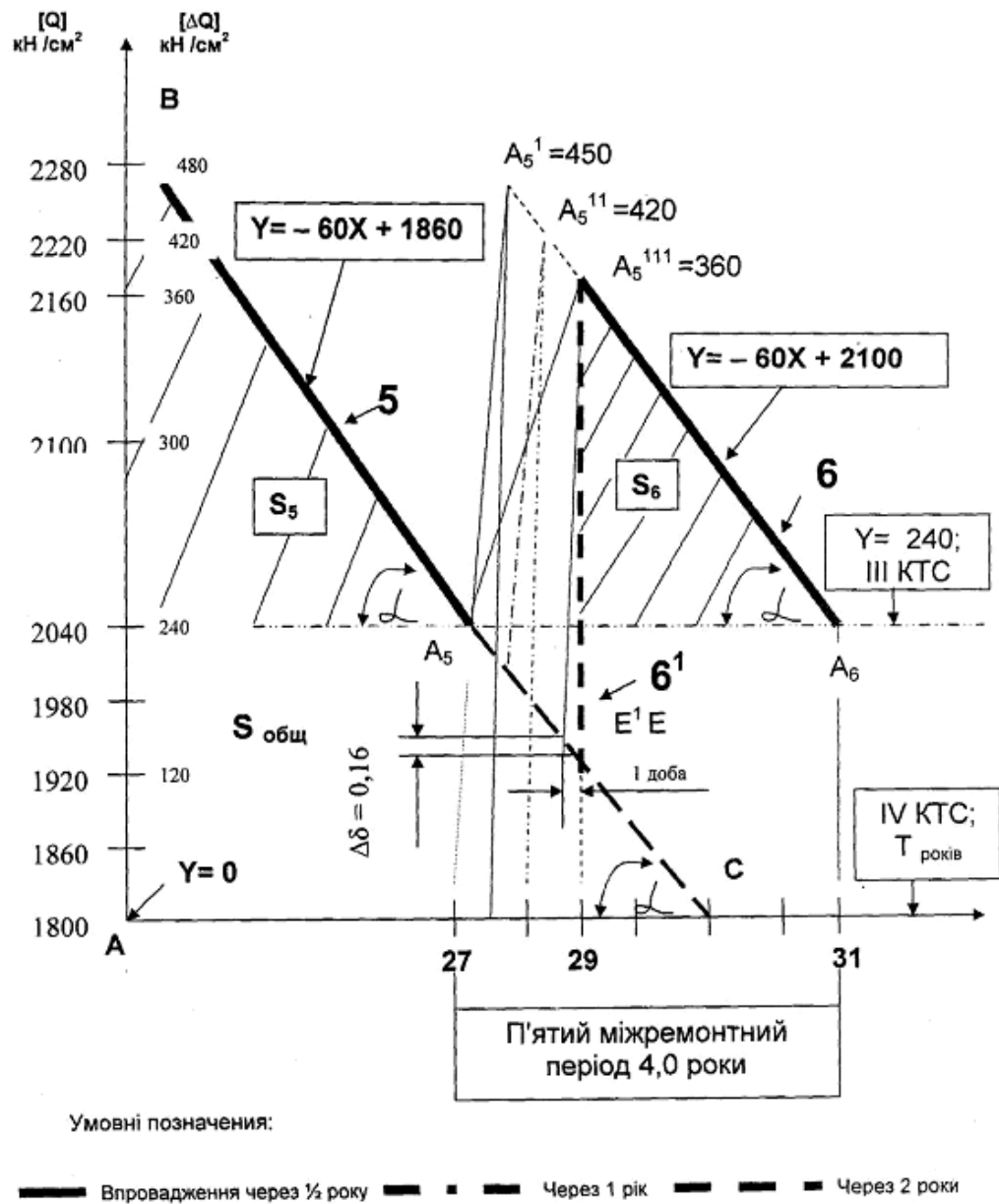
Фіг. 3



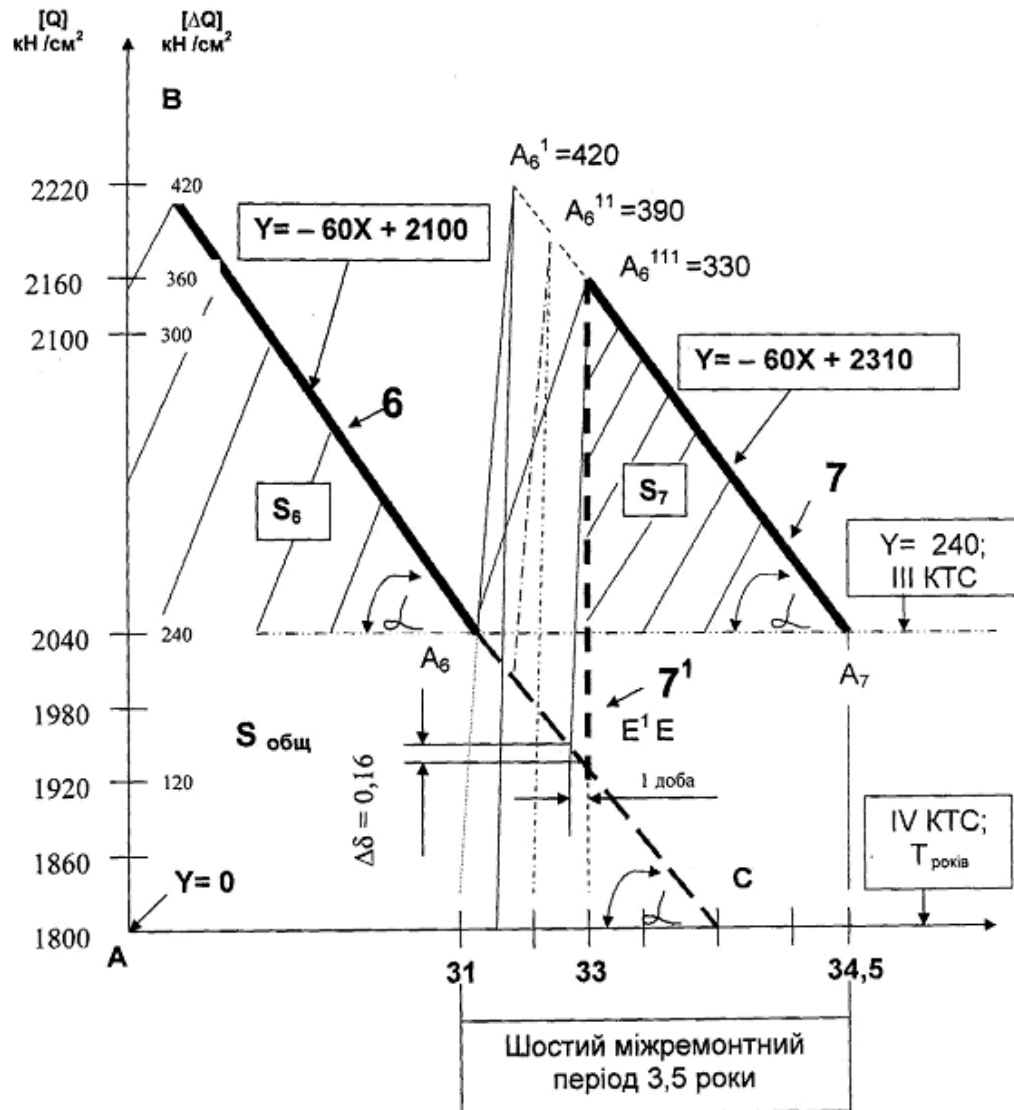
Умовні позначення:

— Впровадження через ½ року — — Через 1 рік — — Через 2 роки

Фіг. 4



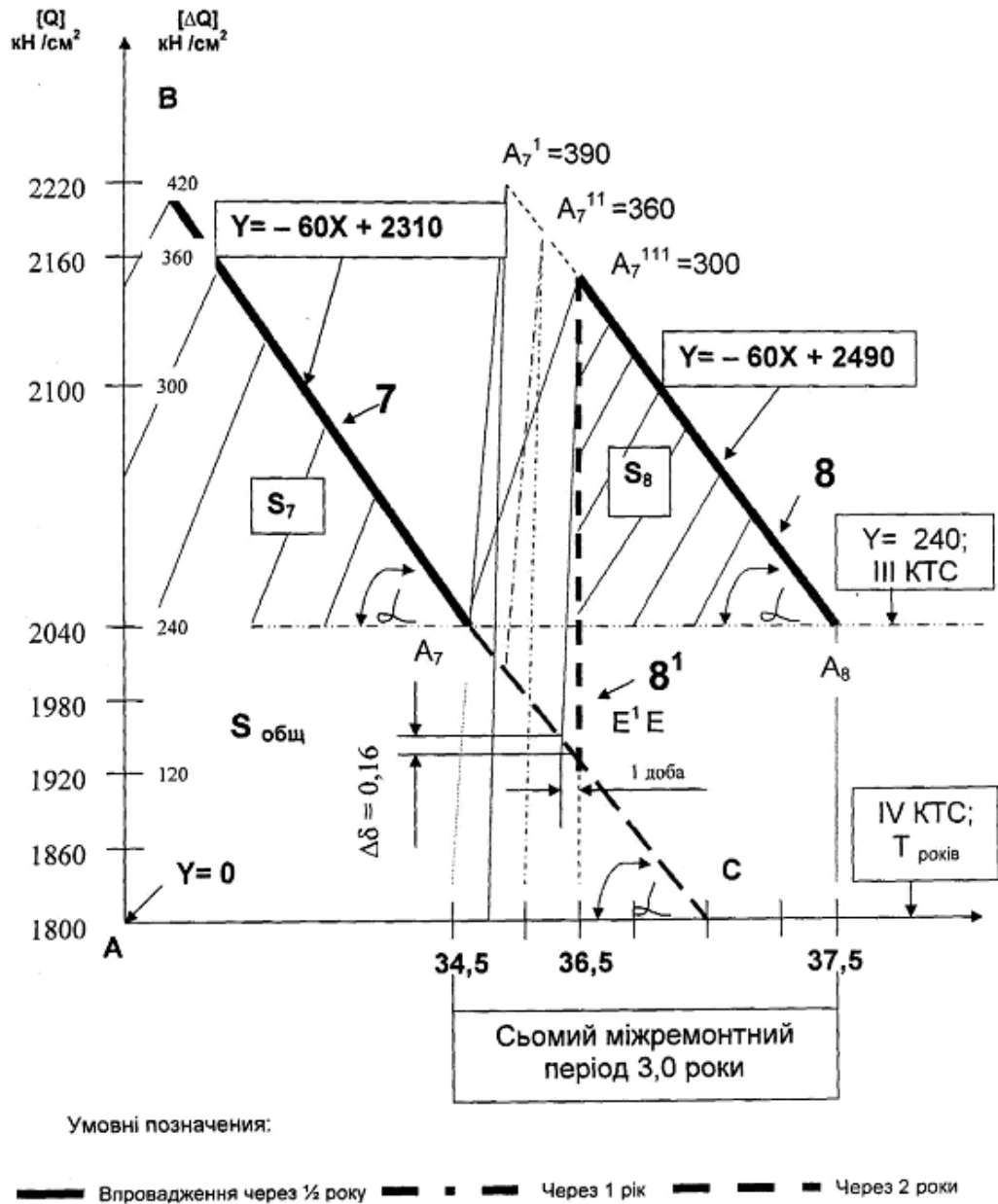
Фиг. 5



Умовні позначення:

— Впровадження через ½ року — — — Через 1 рік — — — Через 2 роки

Фіг. 6



Фіг. 7

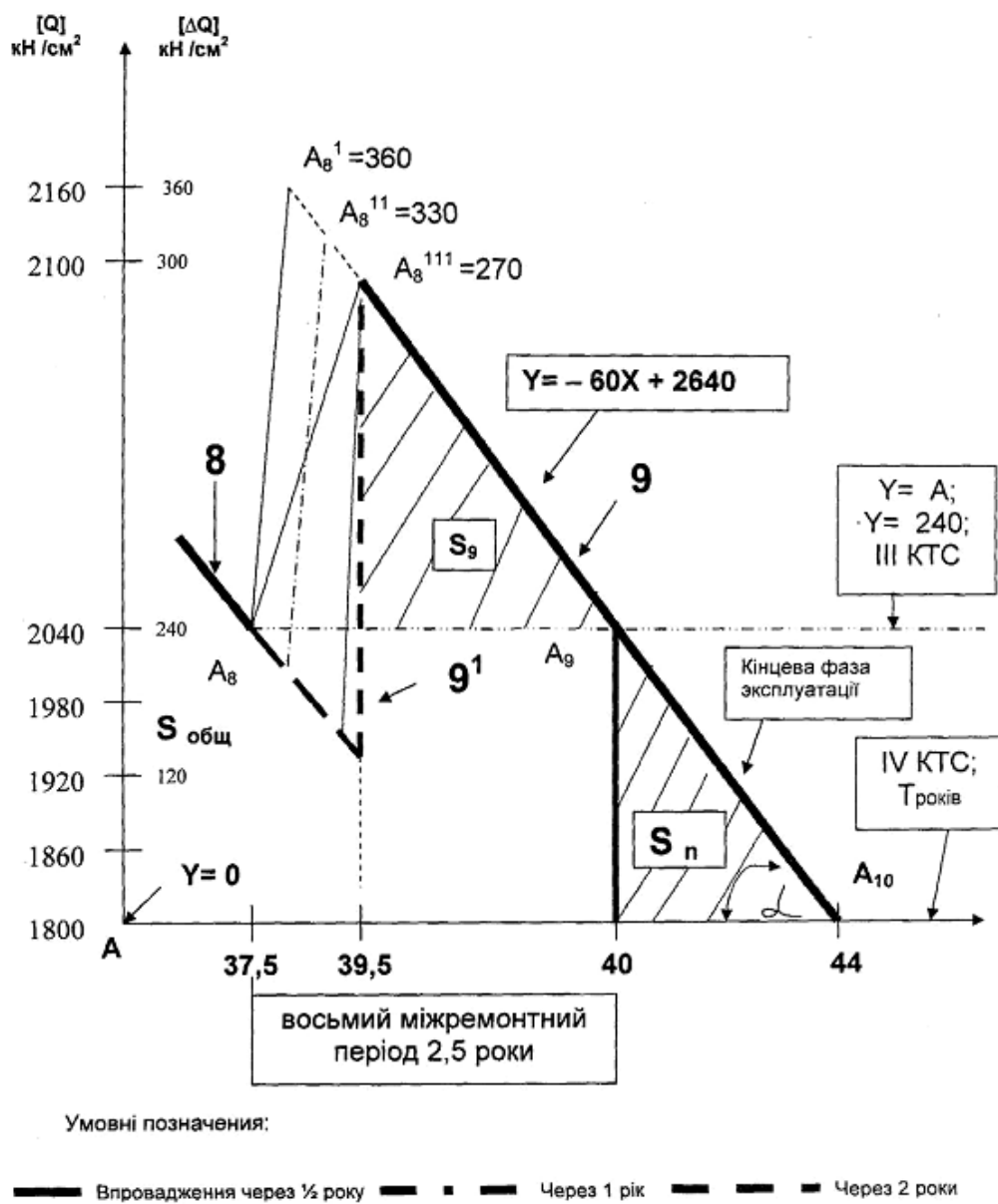
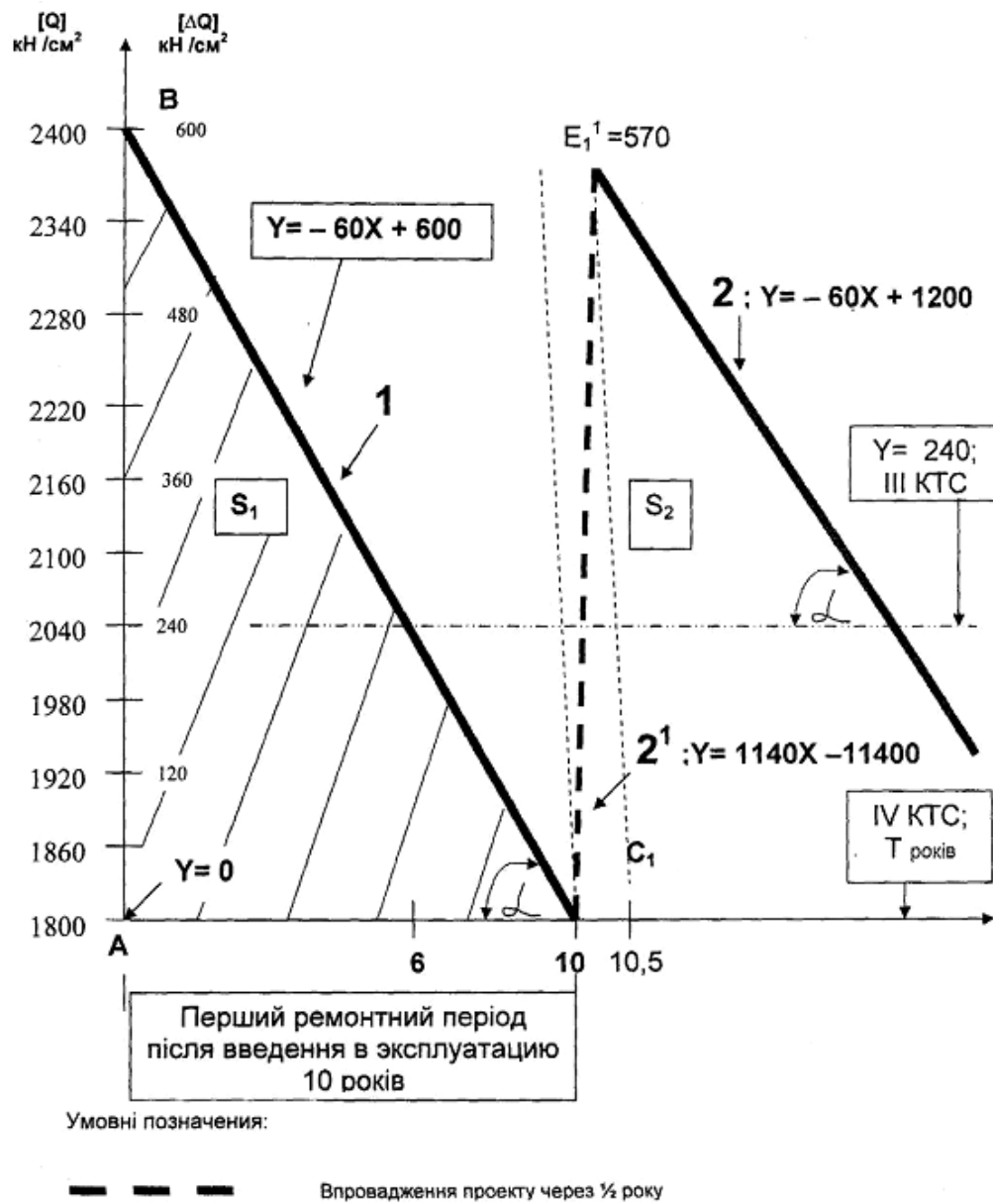
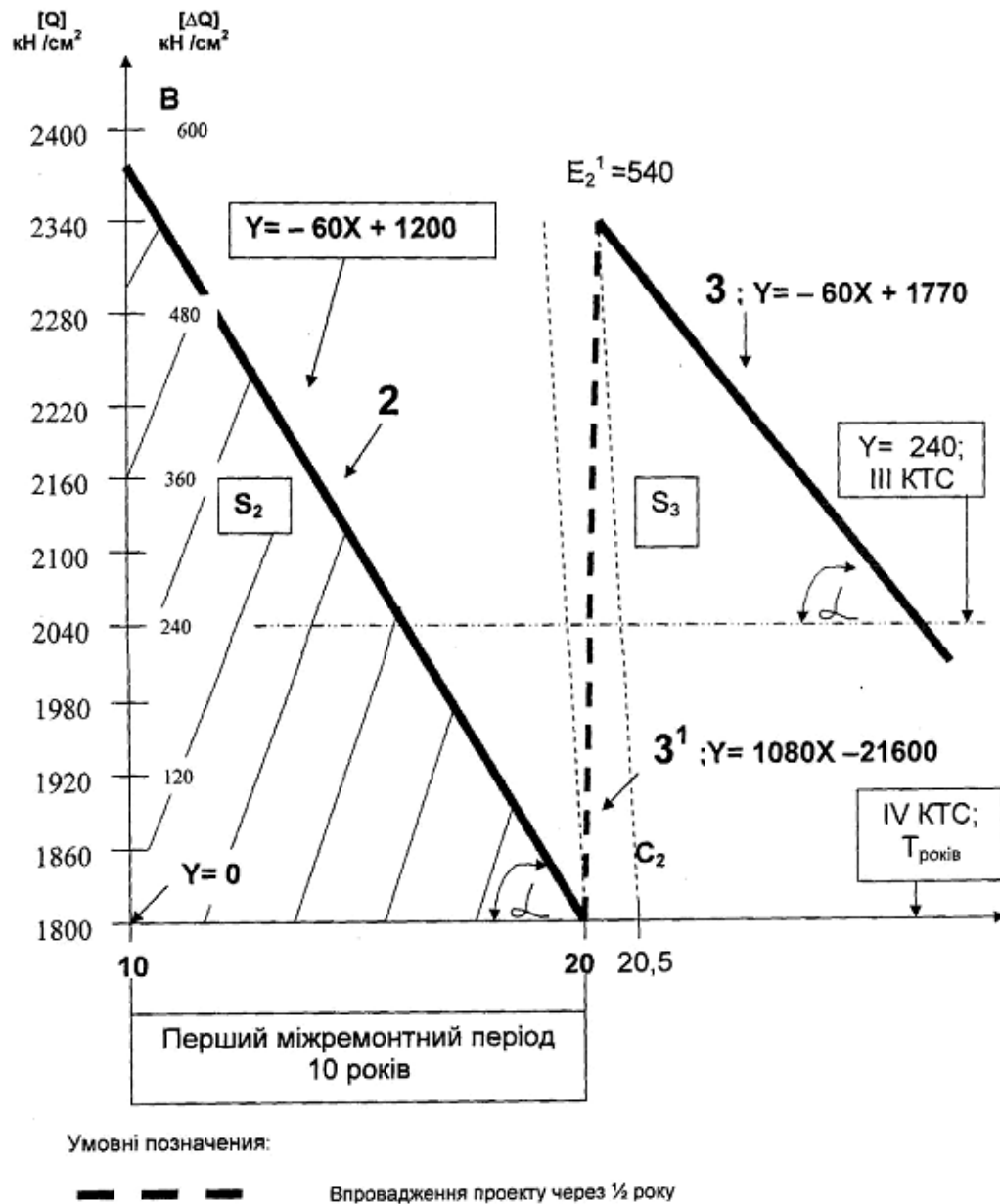


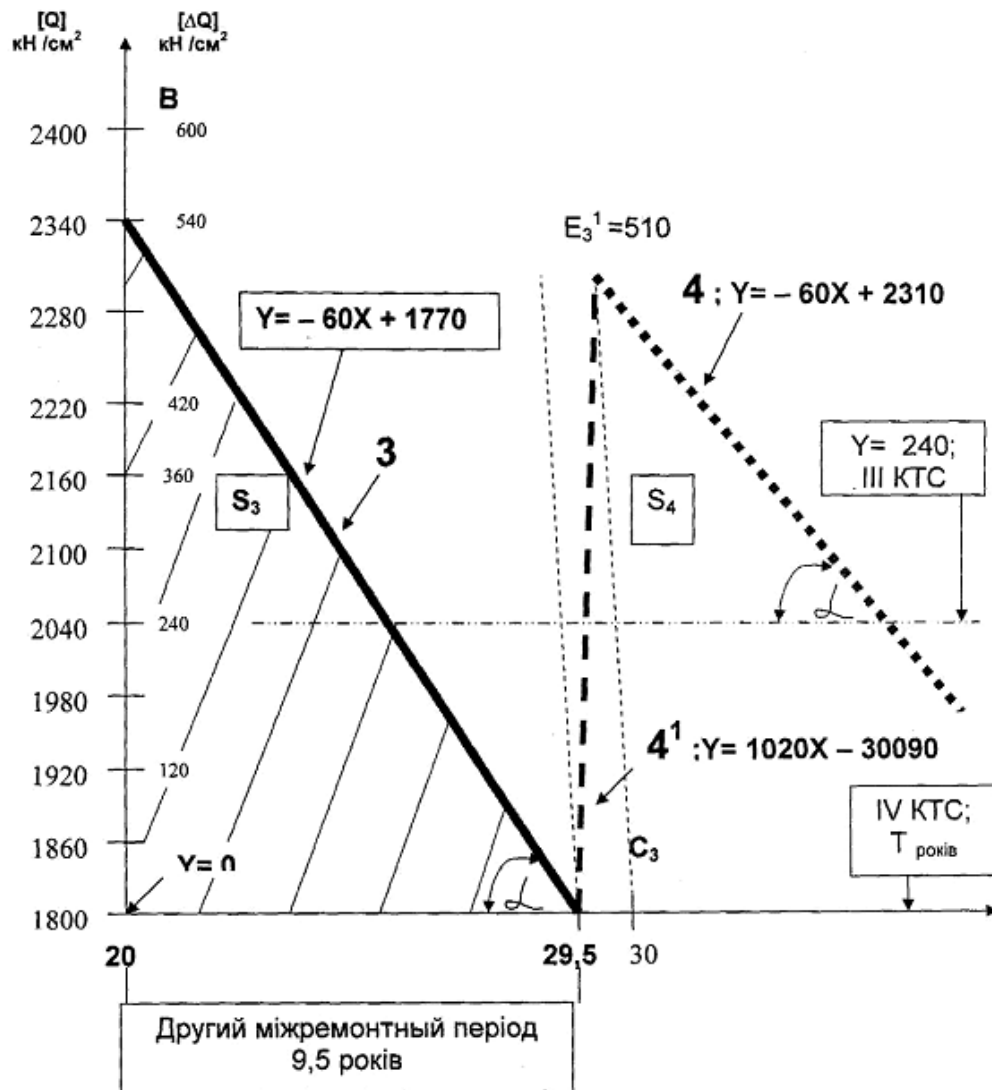
Fig. 8



Фиг. 9



Фіг. 10



Умовні позначення:

— — — — — Впровадження проекту через ½ года

Фіг. 11

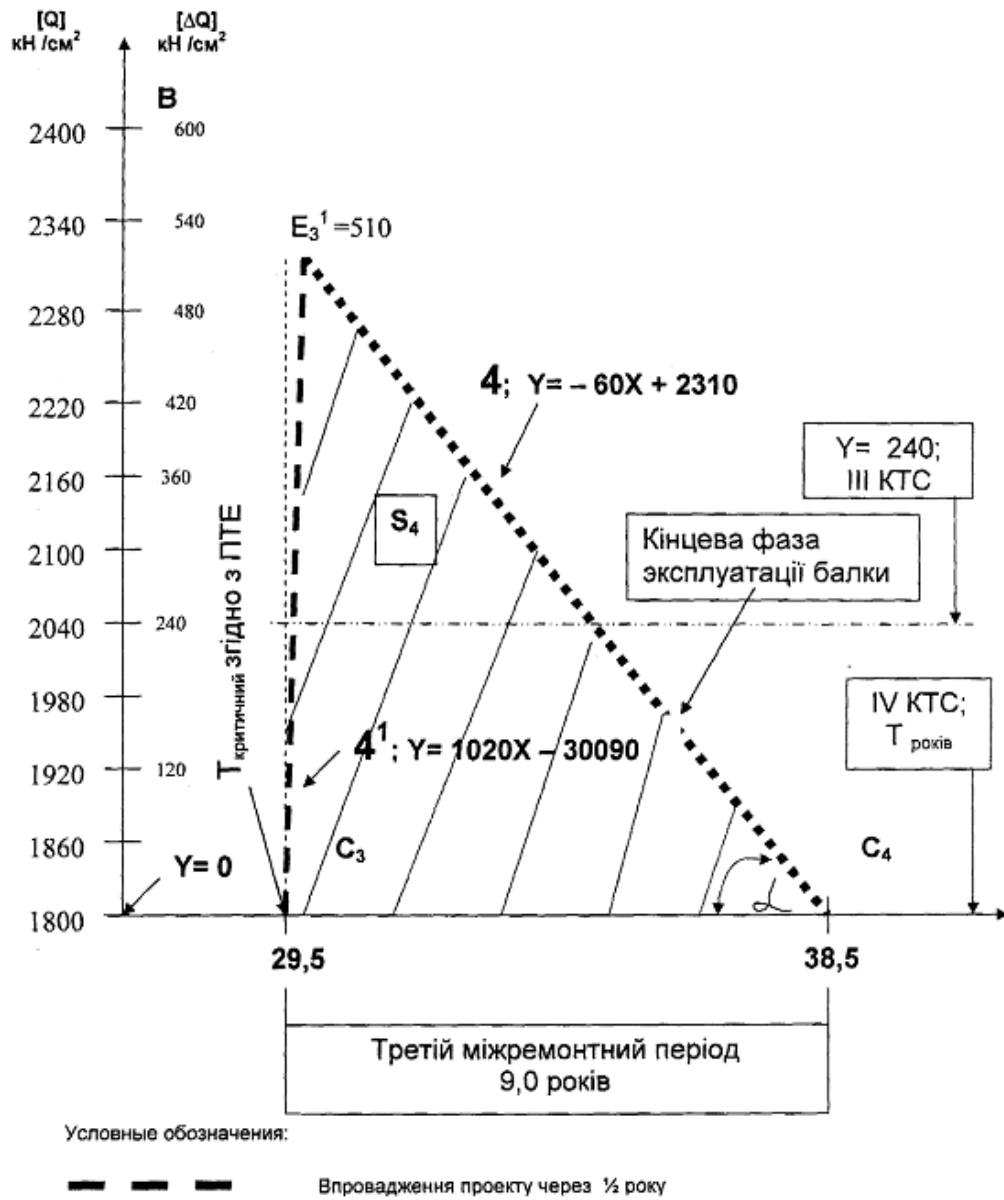


Fig. 12

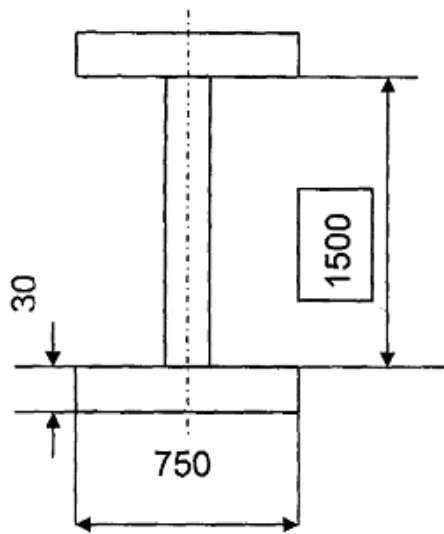


Fig. 13

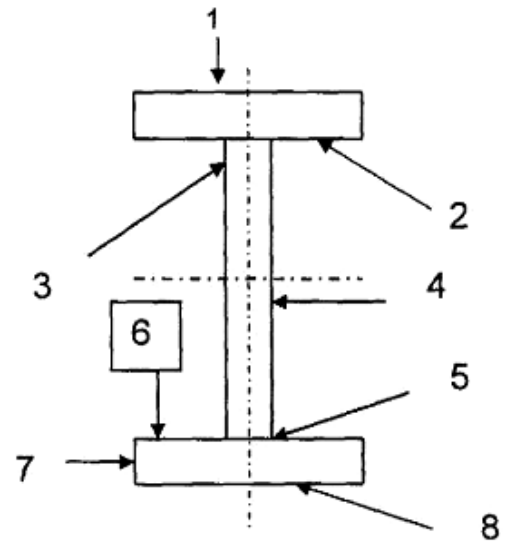


Fig. 14

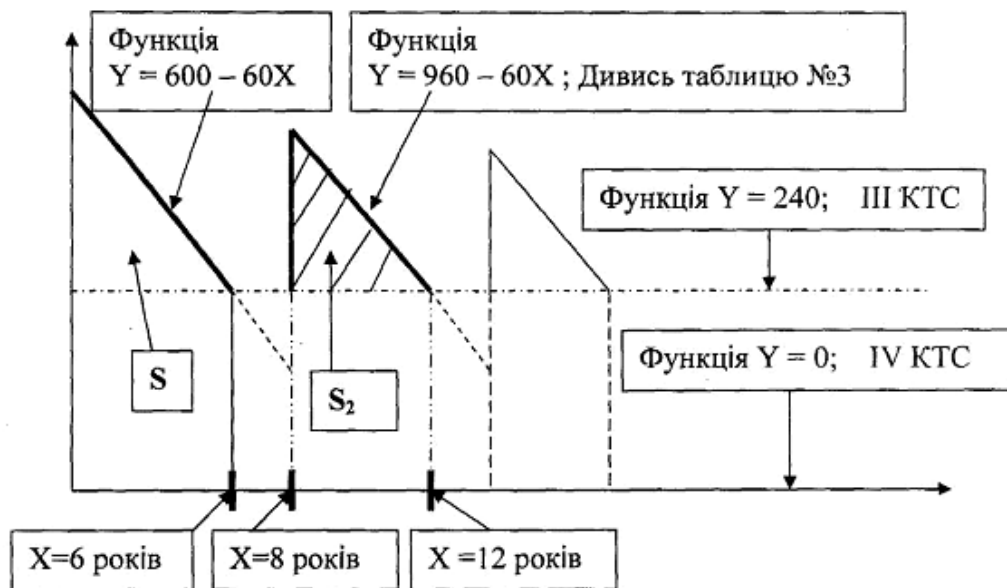


Fig. 15