

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.13.2.52-62>

УДК 694.1+623.1/.3+620. III

Г.О. Кушнарьова**Т.В. Рабоча****Н.П. Ісмаїлова****І.Г. Радченко***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ УШКОДЖЕНЬ У КОНСТРУКЦІЯХ

В роботі наведені результати експериментальних досліджень міцності та деформативності несучих конструкцій, які виготовлені із деревини при дії статичних навантажень. Розв'язання поставленої задачі вивчення процесу накоплення та розвиток ушкоджень в матеріалі при дії навантаження вимагає постановки та проведення експериментального дослідження.

Метою роботи є дослідження балок із деревини сосни прогоном 45 та 200 см за допомогою метода акустичної емісії (АЕ). У більшості великих міст України існує значна кількість дерев'яних споруд, які мають історичну та архітектурну цінність. Щоб зберегти ці споруди на довголіття, необхідно постійно одержувати інформацію про стан їх несучих конструкцій для прийняття своєчасних рішень про підсилення, заміну, капітальний ремонт тощо.

Але наряду із спорудами, які виготовлені з деревини, автори розглядали фортифікаційне обладнання опорних пунктів, позицій і районів розташування підрозділів з метою захисту особового складу, озброєння і техніки від усіх засобів ураження противника.

Вогневі споруди виготовлені з лісоматеріалів з остовом безврубочної конструкції.

Щілини і бліндажі є найбільш масовими укриттями для особового складу, що забезпечують захист від зброї масового ураження і звичайних засобів ураження.

В матеріалах конструкцій за період експлуатації зміни, які пов'язані з появою, розвитком та дією навантаження, накопичуються ушкодження структури.

Для дослідження процесів накоплення ушкоджень в матеріалі конструкції був використаний метод, який не руйнує конструкцію. Це дозволяє діагностувати стан конструкції, оскільки випромінювання звукових коливань можна виявити на тій стадії, коли конструкція в цілому ще залишається працездатною.

Ключові слова: акустична емісія, дерев'яні конструкції, фортифікаційні споруди, ресурс, ушкодження.

Постановка проблеми

Сучасні способи ураження, особливо ракетно-ядерна зброя, здатна нанести серйозні втрати військам. Дія ядерного вибуху характеризується ударною хвилею, світловим випромінюванням, радіацією, тощо.

Ударна хвиля – основний вражаючий фактор. Вона вражає особовий склад киданням та тиском, падаючими уламками. Для надійного захисту особовий склад застосовує фортифікаційні спорудження місцевості, тобто обладнує окопи, траншеї.

Над щілиною влаштовують перекриття з колод діаметром не менше 14 см з ґрунтовим обсипанням товщиною не менше 60 см. (рис.1)

Ділянка траншеї (ходу сполучення) довжиною 2,5 м перед входом у бліндаж перекривають колодами не менше 14 см з ґрунтовим обсипанням товщиною не менше 0,8 м. У слабких ґрунтах крутизни перекритої ділянки траншеї (ходу сполучення) одягають місцевими матеріалами або землесосними мішками.

До фортифікаційних споруд належать ескарпи, які можна розглядати як двохопорну балку, на яку діє навантаження: колоди та ґрунтове обсипання.

Типи і конструкції фортифікаційних споруд слід вибирати відповідно до бойової обстановки, наявності сил, засобів, часу та умов міцності.

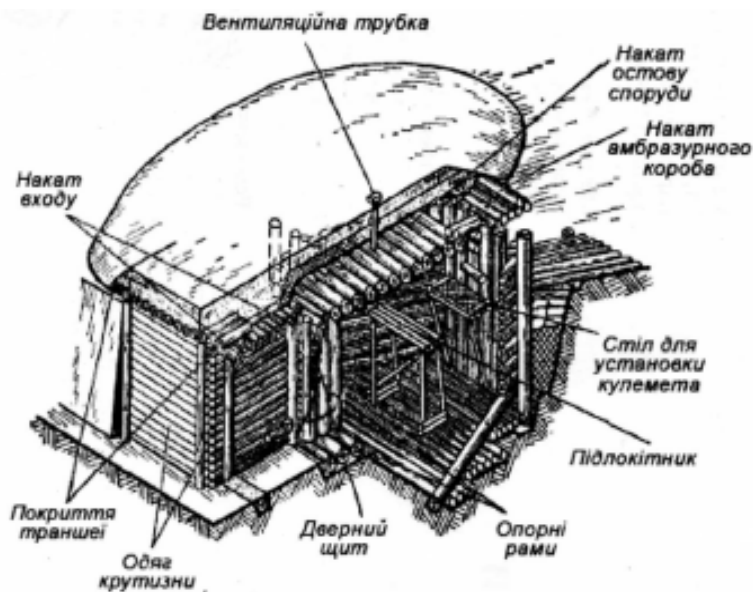
Всі фортифікаційні споруди: щілини, бліндажі, ескарпи та інші можна представити як двохопорні дерев'яні балки.

Вони виконують головну мету: захисту особового складу, бойової техніки і військового майна від засобів ураження.



а)

б)



1а. Бліндаж безрубочної конструкції з лісоматеріалу на відділення (екіпаж)

1б. Бліндаж для укриття особового складу

1в. Споруда з остовом безрубочної конструкції для стрільби з кулемета (загальний вигляд)

Рис. 1. Фортифікаційні споруди

В даній статті проведений аналіз роботи фортифікаційних споруд, на які діють статичні та динамічні навантаження. Тому необхідно виявити процес накоплення та розвиток ушкоджень в матеріалі (деревині) при дії навантаження, та провести експериментальні дослідження. Для цього необхідно розробити методику його проведення та обробку одержаних результатів, тобто розв'язати такі задачі:

- 1) Вибрати схему навантаження експериментальних балок;
- 2) Розробити, виготовити та змонтувати установку для проведення експерименту;
- 3) Підібрати прилади та устаткування, які реєструють зміни в експериментальних балках під дією зовнішнього навантаження;
- 4) Обробити одержані результати.

Схема навантаження була вибрана тому, що на ділянці між прикладеними силами зберігається постійне значення згинального моменту та виключається вплив поперечних сил. При такій схемі навантаження можна очікувати, що в місцях максимальних нормальних напружень та на межі чистого згину, де будуть діяти поперечні сили, в першу чергу повинно проявитися порушення структури, субмікро- ушкодження деревини.

Важливе значення для одержання достовірних результатів експерименту має вибір метода виявлення та реєстрації змін, які виникають в конструкціях при дії зовнішнього навантаження. При експериментальному дослідженні, в основному, застосовують індикатори годинникового типу, прогиномір, механічні тензометри та інші, які служать для виміру деформацій волокон досліджуваних конструкцій.

Мета статті та завдання

Об'єктом дослідження є балки із деревини сосни прогоном 45 та 200 см.

Мета роботи є всебічне дослідження ушкоджень в дерев'яних конструкціях в процесі роботи їх при навантаженні, та зв'язані з цим зміна несучої здатності та ресурсу.

Тому повинні бути напрацьовані рекомендації по проектуванню та розрахунку дерев'яних конструкцій з урахуванням накопичення ушкоджень в період експлуатації та зміни ресурсу, що дозволяє уникнути надмірних запасів міцності та зробити конструкцію менше матеріалоємнісною. Вказане направлення удосконалення методики проектування і розрахунку дерев'яних конструкцій нове, тому потрібно його всебічне дослідження.

Досліджувані балки навантажувались двома зосередженими силами, кожна із них докладалась 1/4 прогону від опори.

Прогини балок заміряли прогиноміром. Фіброві деформації вимірювалися за допомогою тензорезисторів. Сигнали акустичної емісії реєстрували приладом АФ-15. В результаті проведення експериментального дослідження одержані числові значення прогинів в середині прогону балок, відносні деформації на висоті перерізу та в крайніх волокнах, загальна кількість сигналів акустичної емісії, їх амплітуда, тривалість, місце появи по довжині балки, характер накопичення сигналів АЕ по ступеням навантаження.

Всі ці прилади реєструють, в основному, мікропроцеси і не підходять для реєстрації субмікро- та мікропроцесів, які зв'язані з появою та накопленням ушкоджень в матеріалі при дії навантаження.

Для дослідження процесів накопичування ушкоджень в матеріалі, необхідно використати неруйнівні методи дослідження, для яких використовують більш чутливу апаратуру і метод акустичної емісії.

В деревині утворення пластичних деформацій зв'язано з розвитком місцевих ушкоджень скелета деревини. Розвиток субмікро- та мікротріщин визиває звільнення та перехід енергії, що можна зафіксувати відповідними приладами.

Накопичений досвід показує, що найбільш перспективними методами контролю та діагностики стану матеріалів та конструкцій являються пасивні методи їх дослідження, які використовують інформацію від відповідної реакції матеріалу на діюче поле напружень. Одним із таких методів і є акустична емісія. Вона зв'язана з поширенням в матеріалі пружних хвиль, які визиваються динамічною локальною перебудовою її структури. Сигнали акустичної емісії появляються при виникненні мікро- та макродефектів та супроводжують весь процес деформування матеріалу. Це дозволяє діагностувати стан конструкції, оскільки випромінювання звукових коливань можна виявити на тій стадії, коли конструкція в цілому ще залишається працездатною.

Було прийнято два режими навантаження:

- 1) ступеневе зростаюче навантаження прикладалося до руйнування (розподіл його на частини).
- 2) ступеневе зростаюче навантаження прикладалося до досягнення величини 60-80% від руйнівного, а потім ступенями знижувалося до нуля.

В першому випадку вимірювали прогини, відносні деформації в стиснутій та розтягнутій зонах, а також деформації по висоті перерізу в балках прогоном 200 см (пряма післядія) та фіксували кількість сигналів АЕ, які з'являються за час експерименту. В другому випадку вимірювалися всі ті ж параметри, але ще й зворотну післядію.

Дослідження окремих вчених дозволяє розглянути споруду рослинної оболонки деревини як кристалічну, яка складається із субмікроскопічних частин – кристалів, зв'язаних між собою ланцюгами головних валентностей. Кристаліти, які складаються за допомогою із 50 ниткоподібних молекул, з'єднуються в волокна – фібрили, які орієнтовані під певним кутом до поздовжньої вісі волокон.

Довга вісь кристалітів співпадає з напрямом довжини фібрил. Угрупування та орієтовка кристалітів та утворення ними фібрил визначають в основному, механічні властивості рослинної оболонки, в тому числі і величину деформації. Кристалічна будова целюлози та деяких геміцелюлоз обумовлює анізотропію навіть в самих малих елементах дерев'яної речовини.

Вихід конструкції із ладу – відмова – рідко буває зв'язаний з її руйнуванням. Звичайно це є результатом нагромадження ушкоджень, залишкових деформацій, зносу, які досягнувши певної величини, починають перешкоджати нормальній експлуатації конструкції. За час строку служби конструкція працює в умовах повторно – змінного навантаження, яке представляє собою деякий випадковий процес. Нагромадження ушкоджень тому і являється випадковим процесом.

Аналіз основних досягнень і публікацій

Основою для вивчення міцності матеріалів і конструкцій являються ті обставини, що при виникненні будь – якого мікропошкодження супроводжується виділенням (випромінюванням) деякої кількості енергії, яка може бути зареєстрована у вигляді акустичних імпульсів. Виникнення хвильових явищ в твердих тілах при їх деформації та руйнуванні відома достатньо давно. В 20-х роках А.Ф. Іоффе спостерігав виділення звукових імпульсів, які супроводжували процес руйнування кам'яної солі [1]. В 1948 р. в США Мезон і Мак-Скімін досліджували ультразвукові шуми, які виникали при деформації олова. На початку 50-х років спеціальне дослідження шумів, які виникають при деформації матеріалів, виконав в Німеччині Кайзер [2]. В процесі досліджень був виявлений зв'язок шумів з процесами деформування матеріалів, який привів до практичного використання явища акустичної емісії (АЕ), як одного з неруйнівних методів дослідження матеріалів і конструкцій.

Перші акустико – емісійні (АЕ) вимірювання системи і встановлені кореляції між параметрами сигналів АЕ та показниками розвитку руйнування були створені у другій половині ХХ сторіччя. У 1960-1970-х роках метод АЕ бурхливо розвивався у різних напрямках. Використовуючи наявне обладнання, лабораторії з багатоканальними АЕ-системами, накопичували досвід щодо характерних особливостей АЕ-даних, який реєстрували під час руйнування матеріалів. Причому, спектр досліджених матеріалів був дуже широкий. Цей метод може стати важливим доповненням для контролю цілісності конструкцій та відповідності механічних характеристик нормативним вимогам, які гарантують їх безпечне експлуатування. І.М. Неклюдов та інші [3] використовували метод АЕ при діагностиці корпусів ядерних реакторів. Бентлі [4] у своєму огляді, опублікованому у 1981 р., наголошує на можливій користі від методу АЕ на етапі виконання зварних з'єднань, коли за допомогою цього методу можна ефективно визначити дефектність зварного шва.

Явище АЕ пов'язане з розповсюдженням в матеріалі пружних хвиль, викликаних динамічною локальною перебудовою його структури. Згідно роботам Красновського Р. О., Чернопижського М. В. [5] динамічна перебудова структури проходить на субмікро-, мікро- і макрорівнях:

а) на мікроскопічному рівні – розривом старих і утворенням нових структурних зв'язків, а також виникненням субмікро-, мікротріщин;

б) на макроскопічному рівні – розвитком пластичних деформацій і утворенням макротріщин.

Для з'явлення в матеріалі перших мікротріщин АЕ практично не відбувається. Зміни в матеріалі відбуваються не регулярно, тобто деякі області його виявляються більш ушкодженими. В такому матеріалі тріщини виникають в більш ушкоджених місцях, але вони не поширюються на менш ушкоджені області матеріалу до тих пір, поки напруження не виросте настільки, щоб накопичити

достатню кількість енергії для подальшого росту мікротріщин. Тому поширення тріщин проходить шляхом раптових стрибків. Утворення ізольованих мікротріщин та їх стрибкоподібне зростання проходить різко, що приводить до появи виявлених акустичних сигналів.

Дж. Богданов і Ф. Козін [6] вводять поняття «кумулятивне пошкодження» (КП) – необоротне накопичення ушкоджень за час експлуатації, яке веде до списання або відмови деталі. КП зв'язано з поведінкою матеріалу на атомному або молекулярному рівні, приводить до зменшення надійності з бігом часу. Для збереження надійності необхідно конструкцію перевіряти, ремонтувати, замінювати тощо.

Проведені різними авторами дослідження кристалічної та некристалічної структури показують, що кінетика руйнування утримує декілька етапів:

- деформування міжатомних зв'язків при дії зовнішнього навантаження;
- розрив деформованих зв'язків;
- народження субмікротріщини (мікронесуцільності, зародкові тріщини), в результаті розриву макромолекул спинки клітки. Вони виникають спонтанно, раптово, з'явлення їх супроводжується слабкими звуковими сигналами, які нагадують мікробух;
- взаємодія субмікротріщин між собою при навантаженні, що приводить до злиття їх та поступове збільшення до появи мікротріщини;
- злиття та збільшення мікротріщин до утворення магістральної тріщини (макротріщини), яка приводить до руйнування зразку (розподіл його на частини).

Динамічна перебудова структури любого матеріалу визивається:

- а) на мікроуровні – розривом старих та виникненням нових структурних зв'язків, а також виникненням субмікро- та мікротріщин;
- б) на макроуровні – розвитком пластичних деформацій та виникненням макротріщин.

Іванов Ю.М. [7] відзначає, що при повільному навантаженні твердого тіла відстань між розглянутими атомами збільшується квазістатично від a (параметра решітки) до τ_m . Коли відстань між двома атомами перевищить критичне значення τ_m , виникає розрив атомного зв'язку. Розрив одиничного атомного зв'язку, який є квантом руйнування, служить спусковим механізмом збудженості акустичного потоку, який зв'язаний з релаксацією атомних зв'язків в деякому об'ємі тіла. Акустичний потік або АЕ характеризує процес руйнування тіла, при цьому кожному елементарному акту релаксації одиничного зв'язку можна приписати одиничний імпульс АЕ. Збурення від першого розірваного зв'язку передається на оточуючі його сусідні зв'язки, які визивають їх розрив. Потік елементарних акустичних імпульсів, кожний із яких обумовлений релаксацією одиничного атомного зв'язку, утворює імпульс АЕ.

Крихке руйнування твердого тіла виникає когерентним чином та супроводжується випромінюванням когерентних елементарних імпульсів АЕ. Якщо всі точки твердого тіла піддаються однакової механічній дії, вони будуть випробовувати в просторі та часі однакові рухи, тіло буде рухатися як одне ціле та хвильові процеси в ньому не виникнуть. При локальній дії внаслідок кінцевої швидкості розповсюдження збурення є необхідною умовою виникнення АЕ.

Розгляд явища руйнування як багатоетапного просторово – часового процесу нагромадження та розвитку порушення суцільності матеріалу складає основна принципова різниця кінетичної точки зору від механічного уявлення про руйнування твердих тіл, як критичного акту. АЕ розглядається, як випадковий дискретний процес, який обумовлений утворенням ушкоджень у навантаженому матеріалі і виникає за рахунок руйнівних теплових флуктуацій, які виконують ініціативну роль. Самі флуктуації мають імовірнісну природу і тому не можуть бути передбачені раніше і описані аналітично. Крім цього, довговічність даної мікродільниці, в якій утворюється дефект (пошкодження) та енергія, яка звільнюється при цьому залежать від локальних напружень, інших особливостей, в точному значенні урахування яких практично не здійснити. По цій причині передбачити момент

випромінювання АЕ та визначити заздалегідь його характеристики також можливо тільки з тою або іншою імовірністю. Ця обставина і дозволяє розглядати АЕ як дискретний випадковий процес, а вимірювані параметри окремих його подій як випадкові величини. Зроблені висновки визначають необхідність опису АЕ статистичними методами.

Виклад основного матеріалу дослідження

При проведенні даного експериментального дослідження дерев'яних балок автори, [8], [9], [10] реєстрували появу сигналів АЕ. Апаратура, яку використовували при вимірах, дозволяла реєструвати параметри АЕ:

- координати з'явлення сигналів по довжині балки;
- тривалість сигналів;
- величину амплітуди сигналів;
- час з'явлення сигналів;
- енергію сигналів;
- інтенсивність сигналів (кількість імпульсів в секунду);

– сумарну АЕ (загальне число імпульсів), та інші, які характеризують процес випромінювання матеріалом хвиль, що визвано локальною динамічною перебудовою внутрішньої структури матеріалу.

Одним із джерел інформації про розвиток процесу ушкодження матеріалу при дії навантаження може бути сумарна кількість сигналів АЕ, які зафіксовані за час дослідження конструкції до її руйнування. Середнє число сигналів АЕ, зареєстроване приладами при дослідженні експериментальних балок по ступенях навантаження (рис. 2).

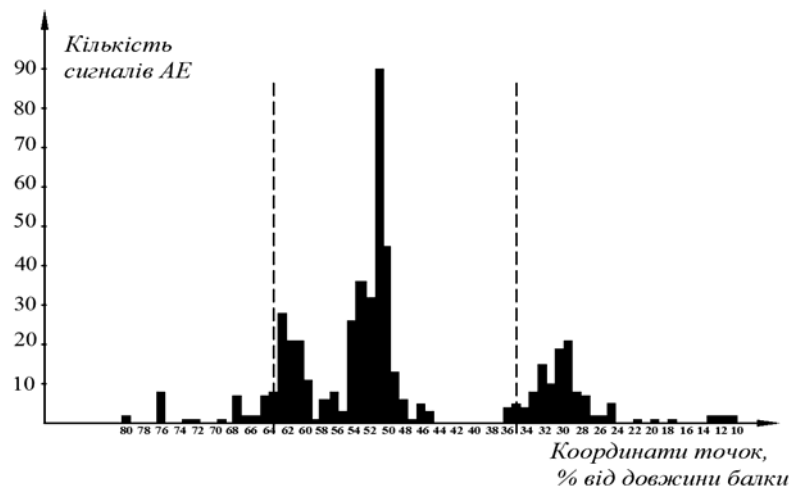


Рис. 2. Сумарна кількість сигналів АЕ для балки 67 - 1

Аналіз цього графіка показує загальне збільшення кількості сигналів АЕ по мірі росту навантаження, що свідчить про поступовий розвиток та накопичення ушкоджень в матеріалі балки.

Значний науковий та практичний інтерес представляє інформація про те, в яких точках балки по її довжині з'являються сигнали АЕ і як змінюється кількість їх за час по ступеням навантаження. На цьому рисунку приведені матеріали, із яких можна зробити висновки, що максимальна сумарна кількість сигналів АЕ зафіксована поблизу середини балки та в середній треті, тобто в зоні чистого згину, де величина нормальних напружень максимальна. Крім цього, руйнування в цій зоні можна пояснити ще і тим, що об'єм матеріалу в ньому значно (на порядок та більше) більше, ніж в сусідній зоні (від точки прикладання сили до опори балки), де виникають згинальні моменти та поперечні сили, що приводить до деякого взаємного їх згладжування і де менше об'єм матеріалу. Тут проявляється і статичний аспект, при якому в більшому об'ємі матеріалу більша вірогідність з'явлення небезпечної (слабкої) ланки, яка перша почне руйнуватися.

Сигнали АЕ, які спочатку розташовані хаотично по довжині балки, починають рости і концентруватися в окремих зонах, де цей процес приводить до більш чіткого виявлення найбільш небезпечних точок, руйнування в яких найбільш вірогідно. В кінцевій стадії дослідження, за 2–3 ступені до руйнування, явно виділяються одна – дві точки, де зосереджені найбільша сумарна кількість сигналів АЕ, де почнеться мікро- та макроруйнування.

Розглядаючи руйнування деревини як процес, який складається з розриву міжатомних зв'язків, розриву макромолекул, виникнення субмікротріщин, злиття мікротріщин в макротріщини, об'єднання макротріщин в магістральну тріщину, яка і приводить тіло до руйнування. Припускаємо, що на кожному етапі порушення суцільності кількість сигналів АЕ та параметри їх в тому числі і амплітуда, будуть різними, тобто величина енергії руйнування буде змінюватися від одного типу до другого.

Можна припустити, що при дії навантаження більше буде з'являтися субмікроушкоджень, значно менше мікроушкоджень, одиниці макроушкоджень та одна магістральна тріщина, яка приводить до руйнування (розподіл тіла на частини). Звідси видно, що сигнали з малими амплітудами (100–200 mV) відповідають виникненню субмікроушкоджень, з величиною амплітуди 200–400 mV – виникненню мікроушкоджень, а з амплітудою самої великої величини (1000 mV і більше) – поява макроушкоджень.

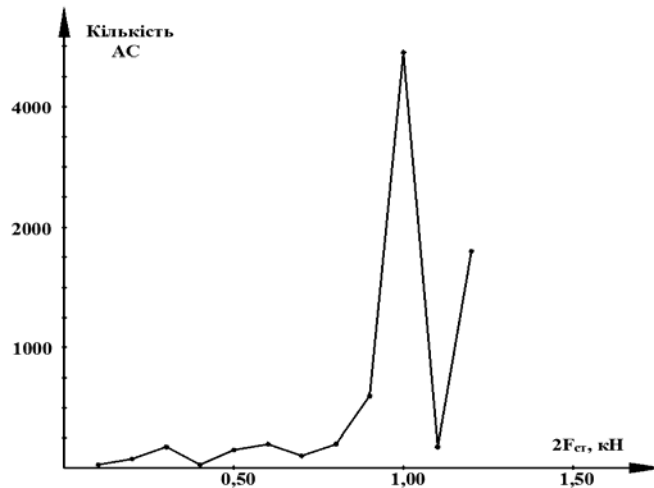


Рис. 3. Залежність кількості сигналів АЕ від навантажень

Динаміку процесу порушення структури матеріалу, які виникають в балках при дії навантаження, можна простежити на рис. 3, з якого видно, що інтенсивність сигналів АЕ збільшується в зоні максимального чистого згинального моменту, тобто в цих зонах проходять макроушкодження.

В цій зоні також виникають найбільші прогини та фіброві деформації. Одною із характеристик акустичної емісії (АЕ) є інтенсивність, тобто кількість акустичних сигналів (АС) за одиницю часу.

Експериментально одержані результати показані на рис. 4. Безперервне зростання інтенсивності АС, яке досягає пікового значення незадовго до руйнування балки – це сигнал, який попереджає про небезпеку і потребує термінових мір.

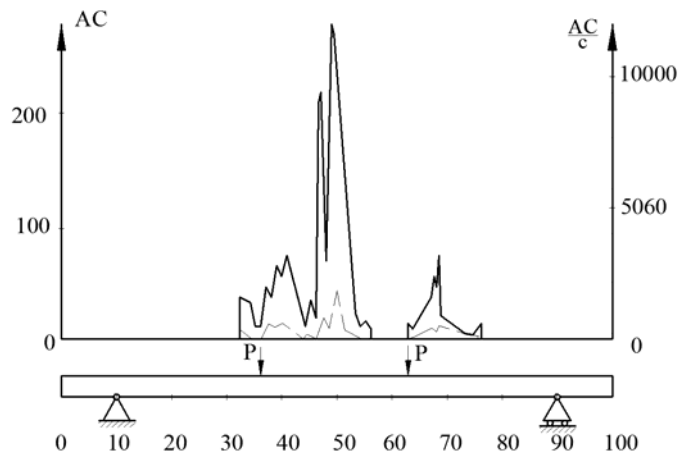


Рис. 4. Зв'язок між кількістю сигналів АС та величиною сумарної амплітуди

Другою важливою характеристикою АЕ є величина амплітуд АС, яка характеризує розміри пошкоджень, що з'являються. Аналіз частот амплітуд АС, наведених в табл.1, показує, що переважають сигнали з малою амплітудою (від 100 до 374 mV), які характерні для розвитку субмікропошкоджень (88,7%); АС з амплітудою від 375 до 922 mV, характерні для розвитку мікротріщин, складають 7,8%; а з амплітудою від 923 до 284 mV, характерні для розвитку макропошкоджень – 3,5%. Звідси можна зробити висновок, що фіксуючи АС великої амплітуди (>1000 mV), ми зустрічаємося з динамічним процесом пошкодження структури матеріалу, який розвивається дуже швидко та приводить до руйнування конструкції.

Таблиця 1

Аналіз частоти амплітуд акустичних сигналів

Інтервал амплітуд	100-374	375-648	649-922	923-1196	1197-1470	1471-1744	1745-2018	2019-2292	2293-2566	2567-2840	Σ
Кількість АС	457	28	12	6	2	2	1	3	1	3	515
Частота P_i^*	0,8874	0,0544	0,0233	0,0117	0,0039	0,0039	0,0019	0,0058	0,0019	0,0058	1,000
% від загальної кількості АС	88,74	7,77		3,49							

Таким чином, приведені експериментальні дані свідчать про високу інформативність зареєстрованих сигналів АЕ, які дають достатньо повне уявлення про динаміку процесу порушення структури матеріалу балок, які знаходяться під дією навантаження.

Метод АЕ являється наочним та надійним інструментом контролю стану конструкції.

Висновки

Метод АЕ дозволяє здійснити контроль за станом дерев'яних конструкцій, які знаходяться в експлуатації довгий час. В цьому випадку в матеріалі встановлюється стан рівноваги, при якому розвиток пошкоджень структури деревини дуже сповільнюється або припиняється зовсім. При нормальних умовах експлуатації такі конструкції не повинні випромінювати сигнали АЕ, що буде свідчити про стабілізацію властивостей матеріалу конструкції. Поява АС в цьому випадку являється стимулом для старанної перевірки умов експлуатації, величини та характеру діючих навантажень, які визивають нову динамічну перебудову структури матеріалу і можуть привести конструкцію до руйнування.

Для рішення питання про можливість подальшої експлуатації конструкції необхідно мати достатньо повну інформацію про навантаження основних, найбільш напружених елементів протягом всього попереднього періоду експлуатації, а також про еволюцію технічного стану цих елементів.

Індивідуальне прогнозування ресурсу конструкції повинне складатися з таких етапів:

1. Поточний пошук дефектів, який включає огляд конструкції і реєстрацію з'явлених пошкоджень.

2. Реєстрацію та аналіз діючих навантажень та умов експлуатації, куди входить реєстрація величини початкового розрахункового навантаження і початкових умов експлуатації, а також еволюція їх в часі.

3. Реєстрація та аналіз міцностних та деформативних властивостей матеріалу конструкції на початку експлуатації та еволюції їх в часі.

Після аналізу стану конструкції необхідно провести його перерахунок з обліком зміни властивостей матеріалу на основі результатів цього перерахунку та прийняти рішення про необхідність ремонту, зміцнення або заміни конструкції.

Список використаних джерел

1. Журков С. Н. *О прогнозировании разрушения горных пород.*/ С.Н. Журков, В.С. Куксенко, В.А. Петров и др.//М.: Физика Земли. 1977. – №6. – 98 с.

2. Иванов В.И. *Акустическая эмиссия в процессе когерентного разрушения.*/ В.И. Иванов//В Кн: ДАН, 1986. – том. 287. – №2. – 302 с.

3. Неклюдов І. М. *Застосування методу акустичної емісії для діагностування корпусів ядерних реакторів.*/ І.М. Неклюдов, З.Т. Назарчук, В.Р. Скольський, Л.Н. Добровольська//Вид-во НАНУ, Львів, 2015. – 3 с.

4. Bentli P. G. *Review af acoustic emission for pressuried water reactor applications.*/ P.G Bentli //NDT Intern, 1981. – 14 p. 329 – 335 с.

5. Красновский Р. О. *Современные методы и средства измерения акустической эмиссии.*/ Р.О. Красновский, М.В. Чернопижский// Обзорная информация. – М. 1087. – 64 с.

6. Богданов Дж. *Вероятностные модели накопления повреждений.*/Дж. Богданов, Ф. Козин//М. Мир, 1989. – 341 с.

7. Иванов Ю. М. *Безпека дерев'яних конструкцій з урахуванням тривалості дії навантаження.*/ Ю.М. Иванов// Зб. праць ЦНИИСК. Дослідження в області дерев'яних конструкцій. М. 1985. – 4-11 с.

8. Кушнарєв Ю.Н. *Некоторые проблемы прочности и деформативности деревянных конструкций с учетом накопления повреждений.*/ Ю.Н. Кушнарєв, Г.А. Кушнарєва // Межвузовский тематический сборник трудов «Разработка современных конструкций из дерева и пластмассы». – Л.-д, 1992. – 9-12 с.

9. Кушнарєв Ю.Н. *Оценка ресурса деревянных конструкций с помощью акустической эмиссии.*/ Ю.Н. Кушнарєв, Г.А. Кушнарєва//Изв. ВУЗов «Строительство» – М., 1992. – 9-10 с.

10. Кушнарєв Ю.Н. *Некоторые проблемы определения остаточного ресурса основных несущих конструкций зданий.*/ Ю.Н. Кушнарєв, Г.А. Кушнарєва// Сборник научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». Одесса, 1999. – 108-112 с.

Рецензент: Литвиновський С.А., к.військ.н., доцент, Військова академія (м. Одеса)

ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ

Г. Кушнарева, Т. Рабочая, Н. Исмаилова, И. Радченко

В работе приведены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности несущих конструкций, которые изготовлены из древесины при действии статических нагрузжений. Решение поставленной задачи изучения процесса накопления и развития повреждений в материале при действии нагрузжения, требует установления и проведения экспериментального исследования.

Целью работы является исследование балок из древесины сосны пролетом 45 и 200см с помощью акустической эмиссии (АЭ).

Во многих крупных городах Украины существует значительное количество деревянных сооружений, имеющих историческую и архитектурную ценность. Чтобы сохранить эти здания на долгое время, необходимо получать информацию о состоянии их несущих конструкций для принятия своевременных решений об усилении, замене, капитальном ремонте и т. п.

Однако, наряду со зданиями, которые изготовлены из древесины, авторы рассматривали фортификационные сооружения опорных пунктов, позиций и районов расположения подразделений с целью защиты личного состава, вооружения и техники от всех способов поражения противника.

Огнестрельные сооружения изготовлены из лесоматериалов с остовом безврубочной конструкции.

Щели и блиндажи являются наиболее массовыми укрытиями для личного состава, которые обеспечивают защиту от оружия массового поражения и обычных способов поражения.

В материалах конструкций за время эксплуатации или при действии ударного нагрузжения, изменения, которые связаны с появлением, развитием и действием нагрузки накапливаются повреждения структуры.

Для исследования процессов накопления повреждений в материале конструкции был использован метод, который не разрушает конструкцию. Это позволяет диагностировать состояние конструкции, поскольку излучение звуковых колебаний можно выявить на той стадии, когда конструкция в целом еще остается работоспособной.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, деревянные конструкции, фортификационные сооружения, ресурс, повреждение.

STRUCTURAL DAMAGE ACCUMULATION STUDIES

G. Kushnareva, T. Rabochaya, N. Ismailova, I. Radchenko

The paper presents the results of experimental studies of the strength and deformability of load-bearing structures that are made of wood under the action of static loads. The solution of the problem of studying the process of accumulation and development of damage in a material under the action of loading requires the establishment and conduct of experimental research.

The aim of the work is to study beams made of pine wood with a span of 200 cm using acoustic emission (AE).

In many large cities of Ukraine, there are a significant number of buildings of historical and architectural value. To preserve these buildings for a long time, it is necessary to obtain similar information about the state of their load-bearing structures in order to make timely decisions on reinforcement, replacement, overhaul, etc.

However, along with buildings that are made of wood, the authors considered the fortifications of strong points, positions and areas of the units in order to protect personnel, weapons and equipment from all methods of defeating the enemy.

Firearms are made of timber with a frameless frame.

The alternation and terms of fortification equipment of strong points are determined taking into account ensuring their constant readiness for combat and increasing the protection of personnel, weapons and equipment.

In the presence of forces, methods and time at the positions of mechanized units arrange closed type structures for firing machine guns, grenade launchers and other firearms.

Slots and dugouts are the most popular shelters for personnel, which provide protection against weapons of mass destruction and conventional methods of destruction.

In the materials of structures during operation or under the action of shock loading, changes that are associated with the appearance, development of structural damage. These damages cause submicro and microcracks that are the result of external mechanical actions on the structure and therefore the transition to the boundary state is the result of damage accumulation.

If you develop a technique for recording damage, you can get a tool that allows you not only to control the current state of the structure, but also to predict the change in its bearing capacity over time.

Mechanical and electrical devices that are currently used (indicators, strain gauges, and other devices) are not suitable for identifying and recording material damage. For this purpose, it is necessary to use non-destructive research methods, which allows continuous monitoring of submicro- and microprocesses that occur in the structure of the material of construction. Such methods for assessing the estimated resource are successfully used only in aviation and important energy equipment (thermal, hydraulic, nuclear power plants, etc.). To date, there is no methodology for accounting for changes in the resource of a material during operation, so the need to study these processes is obvious.

There is a need to comprehensively study the issues of damage accumulation in wooden structures under the action of loading and the related processes of changing the cross-sectional area and bearing capacity, to use the results of studies in the design calculation.

To study the processes of damage accumulation in the construction material, a method was studied that does not destroy the structure. This is the method of acoustic emission, which is associated with the propagation of elastic waves in a material caused by dynamic local restructuring of its structure. Acoustic emission signals appear when micro- and macrodefects occur and accompany the entire process of material deformation. This allows you to diagnose the state of the structure, since the emission of sound vibrations can be detected at the stage when the structure as a whole remains operational.

Keywords: *acoustic emission, wooden structures, fortifications, resource, damage*