УДК 620.179.17 DOI 10.31649/2311-1429-2019-1-29-37

Н. П. Ісмаілова[1]
Г. О. Кушнарьова[1]
І. Г. Радченко[1]
Т. В. Рабоча[1]
Л. В. Кучеренко[2]

НАКОПИЧЕННЯ УШКОДЖЕНЬ В ОСНОВНИХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЯХ СПОРУД, РЕЗЕРВ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

[1]Військова академія, Одеса
[2]Вінницький національний технічний університет, Вінниця

В статті наведені результати експериментальних досліджень міцності та деформативності несучих конструкцій, які виготовлені із деревини при дії статичних навантажень. У більшості великих міст України існує значна кількість споруд, які мають історичну та архітектурну цінність. Щоб зберегти ці споруди на довголіття, необхідно постійно одержувати подібну інформацію про стан їх несучих конструкцій для прийняття своєчасних рішень про підсилення, заміну, капітальний ремонт тощо.

В матеріалах будівельних конструкцій за період експлуатації зміни, які пов'язані з появою, розвитком та накопиченням ушкоджень структури. Ці ушкодження визивають субмікро- і мікротріщини, які є результатом зовнішніх механічних дій на конструкцію і тому перехід в граничний стан є результатом повільного накопичення пошкоджень. Розробивши методику реєстрації пошкоджень, можна одержати інструмент, який дозволяє не тільки контролювати поточний стан конструкції, а також прогнозувати зміни її несучої здатності в часі.

В період експлуатації проходить зміна структури матеріалів несучих конструкцій. Розвиток цього процесу складається з декількох етапів, основними з яких є: деформування міжатомних зв'язків, зародження субмікротріщин в результаті розриву макромолекул, які утворюють стінки трахеїд. Це чиниться раптово і супроводжується слабкими звуковими сигналами, які нагадують мікровибух. Взаємодія субмікротріщин приводить до їх злиття і виникнення мікротріщин, а злиття та збільшення мікротріщин – до виникнення макротріщин (магістральної тріщини), яка приводить до руйнування матеріалу. Цей динамічний процес, в залежності від величини, характеру та часу дії навантаження, може стабілізуватися в часі або, продовжуючись, привести до руйнування конструкції.

Для виявлення і реєстрації пошкоджень матеріалу не придатні механічні та електричні прилади, що застосовуються в теперішній час (індикатори, тензорезістори та інші прилади). Для цієї мети необхідно використовувати неруйнівні методи дослідження, що дозволяють вести безперервне спостереження за субмікро- та мікропроцесами, які проходять в структурі матеріалу конструкції. Такі методи оцінки залишкового ресурсу в даний час успішно застосовують тільки в авіації та на важливих енергетичних устаткуваннях (теплові, гідравлічні, атомні електростанції тощо)До теперішнього часу не існує методики обліку зміни ресурсу матеріалу в процесі експлуатації, тому що потреба для вивчення цих процесів очевидна.

Назріла необхідність всебічно дослідити питання накопичення ушкоджень в дерев'яних конструкціях при дії навантаження, та зв'язані з цим процеси зміни площі поперечного перерізу та несучої здатності і використати результати дослідження при розрахунку конструкцій. Це дає можливість знизити матеріалоємність та зробить перерізи дерев'яних конструкцій більш економічними, а також дозволяє уникнути надмірних запасів міцності.

Напрям удосконалення методики проектування та розрахунку дерев'яних конструкцій та визначення залишкового ресурсу основних дерев'яних конструкцій споруд ще не знайшли відображення в технічній літературі. В зв'язку з цим потребується його всебічне дослідження.

Для дослідження процесів накопичення ушкоджень в матеріалі конструкції був використаний метод, який не руйнує конструкцію. Це метод акустичної емісії, яка зв'язана з розповсюдженням в матеріалі пружних хвиль викликаних динамічною локальною перебудовою його структури. Сигнали акустичної емісії з'являються при виникненні мікро- і макродефектів і супроводжують увесь процес деформування матеріалу. Це дозволяє діагностувати стан конструкції, оскільки випромінювання звукових коливань можна виявити на тій стадії, коли конструкція в цілому ще залишається працездатною.

Ключові слова: міцність, деформативність,дерев'яні конструкції, ресурс, акустична емісія.

Вступ

До теперішнього часу накопичено численний експериментальний матеріал залежності міцності твердих тіл від часу. Ці данні примушують прийняти нове уявлення про розрив як про деякий кінетичний процес. Згідно цьому уявленню, міцність не є граничною величиною, яка носить характер деякої константи. Руйнування твердих тіл може виникнути при різних навантаженнях із швидкістю, яка обумовлена величиною прискореного напруження. Час, необхідний для повного розриву матеріалу, експоненціально убуває із збільшенням напруження. [1]

Всі тіла в навантаженому стані володіють енергією деформації і ця енергія може бути перетворена в іншу форму енергії, найчастіше – в теплову. Коли руйнується крихкий матеріал, в

© Н. П. Ісмаілова, Г. О. Кушнарьова, І. Г. Радченко, Т. В. Рабоча, Л. В. Кучеренко, 2019

області руйнування виникає дві нові поверхні, яки до цього не існували. Необхідно зв’язати енергію нових поверхонь з енергією деформації тіла перед руйнуванням. Адже одиничні ланцюжки атомів повинні або володіти теоретичною міцністю, або не мати її. Якщо декілька міжатомних зв’язків, які утворюють ланцюжок вже не можуть нести навантаження, передаючи його від атому до атому, то цю роботу повинні взяти на себе ланцюжки що залишилися. Таким чином, утворюється ослаблення (тріщина), за допомогою якої прикладена ззовні слабка сила, рве по черзі один за другим міцні атомні зв’язки і тріщина рухається по матеріалу, руйнуючи його до кінця. Існують два механізми руйнування матеріалу – пластичний перебіг та крихке розтріскування. [2]

Процес механічного навантаження матеріалу в кінцевому результаті завжди може бути доведений до руйнування матеріалу. Під руйнуванням матеріалу розуміють припинення його опору заданому процесу навантаження, обумовленому рядом причин. [3]

До них відносяться:

– мікроруйнування, тобто виникнення тріщин, що веде до розчленування матеріалу на частини, які не мають між собою молекулярних або інших структурних зв’язків;

– мікроруйнування структури, тобто поява безліч мікротріщин, які перетворюють структуру матеріалу в менш міцну;

– поява фазових переходів, які значно зменшують опірність матеріалів;

– поява хімічної деструкції і так далі.

При використанні деревини в якості конструкційного матеріалу, виникає необхідність врахувати здатність опиратися дії зовнішніх навантажень, тобто механічним властивостям, до яких відносяться міцність та деформативність. Міцність деревини характеризує її спроможність опиратися руйнуванню під дією механічних навантажень. Показником міцності служить максимальна величина,яка називається границею міцності, тобто максимальна величина напруження, яку витримує матеріал без руйнування. Границі міцності знаходять при випробуванні зразків деревини на розтягнення, стискання, згинання, зсув.

Деревина в основному представляє з себе комплекс природних полімерів, які мають гнучкі ланцюгові молекули [4]. Така особливість будови полімерів визначає особливий характер поведінки їх під навантаженням. При прикладенні зусиль до полімеру можуть виникнути три види деформацій:

– пружні, внаслідок оборотних змін середніх між часткових відстаней;

– високопластичні, які пов’язані з оборотною перегруперовкою частинок (ланок ланцюгових молекул), при цьому об’єм тіла не змінюється;

– в’язко текучі, які обумовлені не оборотним зміщенням молекулярних ланок, об’єм тіла при цьому не зміниться.

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 [5]. 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 [6]. 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. [7]

Перші акустико-емісійні (АЕ) вимірювання системи і встановлені кореляції між параметрами сигналів АЕ та показниками розвитку руйнування були створені у другій половині XX 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 [8] використовували метод АЕ при діагностиці корпусів ядерних реакторів. Бентлі у своєму огляді, опублікованому у

1981 р., наголошує на можливій користі від методу АЕ на етапі виконання зварних зєднань, коли за допомогою 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. [9] динамічна перебудова структури проходить на субмікро-, мікро- і макрорівнях:

a) на мікроскопічному рівні – розривом старих і утворенням нових структурних зв'язків, а також виникненням субмікро- і мікротріщин;
b) на макроскопічному рівні – розвитком пластичних деформацій і утворенням макротріщин.

До 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. Богданофф і Ф. Козін [10] 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.

Метою роботи є всебічне дослідження пошкоджень в дерев'яних конструкціях в процесі роботи їх при навантаженні та експлуатації споруд, які зв'язані із зміною несучої здатності та ресурсу.

Результати дослідження

Досліджені балки із дерева були навантажені двома зосередженими силами, кожна з яких прикладалася на відстані 1/3 прольоту (для балок 45 см) та 1/4 прольоту (для балок 200 см) від опори.

Прогини балок вимірювались прогиномірами, фіброві деформації вимірювались тензорезисторами. Сигнали акустичної емісії реєструвалися приладом АФ-15 та використовувалась нестандартна апаратура, за допомогою якої можна реєструвати та обробляти параметри акустичної емісії. В результаті проведеного експериментального дослідження одержані чисельні значення прогинів в середині прольоту балок, відносні деформації по висоті перерізу і в крайніх волокнах, загальну кількість сигналів акустичної емісії, амплітуду, довжину, місце з'явлення по довжині балки, характер накопичення сигналів акустичної емісії по ступеням навантаження.

Вибрана тема дослідження «Міцність та деформативність будівельних дерев'яних конструкцій з обліком накопичення ушкоджень» являється сучасною та актуальною. Дослідження присвячено науковому обґрунтуванню правильного обліку з'явлених та накопичених за час експлуатації пошкоджень структури матеріалу, яке приводить до зменшення дійсної робочої площі поперечного перерізу конструкції в порівнянні з початковим. При цьому знижується загальний ресурс конструкції, що не враховується при розрахунку дерев'яних конструкцій в діючих нормативних документах [11].

Наочне уявлення про динаміку розвитку пошкоджень дає рис. 1, на якому показано, як при збільшенні навантаження, зростає число сигналів акустичної емісії, які поступово накопичуються в зоні максимального згинаючого моменту і в місцях, де проявляється вплив поперечної сили. Так як число зареєстрованих сигналів акустичної емісії характеризує кількість з'явившихся пошкоджень структури матеріалу, аналіз динаміки їх розвитку дозволяє простежити за процесами в балці. Для визначення місця появи пошкодження досліджувані балки були розділені по довжині на 100 частин.

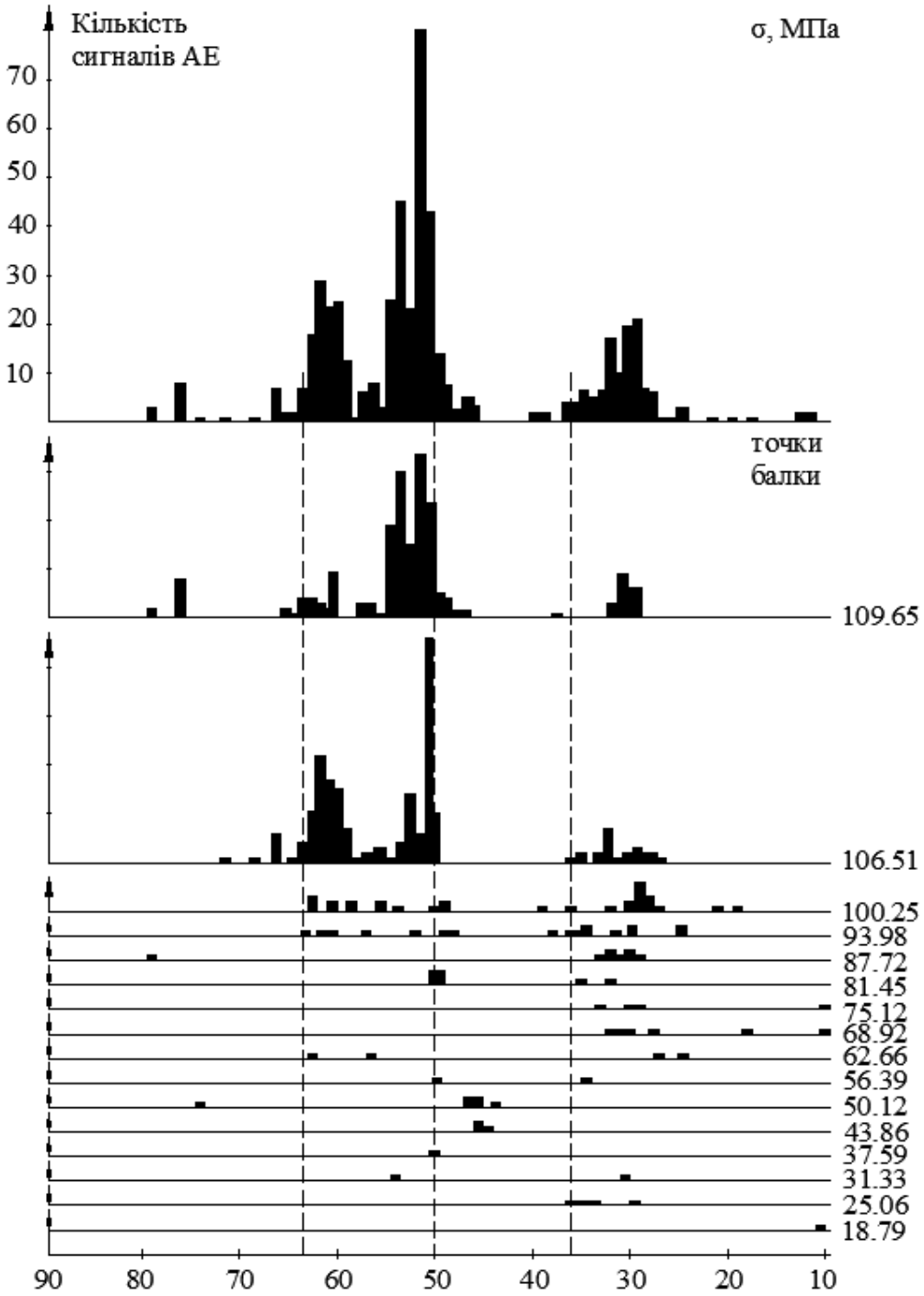


Рисунок 1 – Динаміка накопичення сигналів акустичної емісії по ступеням навантаження

Аналіз концентрації акустичних сигналів (АС) по точкам балки наведено в табл.1, звідки випливає, що 2/3 загальної кількості АС зареєстровано в зоні чистого згинання. В цій зоні, крім максимального згинального моменту, виникають найбільші прогини та фіброві деформації. Для уточнення картини розвитку пошкоджень в середній третині балки виділено дев’ять точок, які розташовані симетрично по дві сторони балки (табл. 2). Одержані результати показують, що в 1/4 всіх зареєстрованих АС дають три точки в середині балки (49, 50, 51), де деформації максимальні, і половина АС (47,3%) приходиться на зону, яка складає всього 1/10 прольоту балки. Тут прослідкується тісний кореляційний зв'язок одержаних результатів з розрахунковою схемою балки і загальними уявленнями будівельної механіки.

Таблиця 1

Залежність кількості акустичних сигналів від місця прикладення сили

№п/п	Зона балки	№ точки по довжині балки	Кількість зареєстрованих АС	% від загальної кількості зареєстрованих АС
1	Від лівої опори до точки прикладання лівої сили Р	10 – 37	112	21,7
2	Середня третина прольоту балки	38 – 61	328	63,7
3	Від точки прикладання правої сили Р	62 – 90	65	14,6
			Σ=515	100%

Таблиця 2

Кількість акустичних сигналів в залежності від точок прольоту

№ точки балки	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Кількість АС	5	2	7	14	43	80	23	45	25
% від загальної кількості АС	0,9	0,3	1,4	2,7	8,5	15,5	4,5	8,6	4,9

26,7%

47,3%

Одною з характеристик акустичної емісії (АЕ) є інтенсивність, тобто кількість АС, які зареєстровані за одиницю часу. Експериментально одержані результати показані на рис. 2. Неперервне зростання інтенсивності АС, яке досягає пікового значення незадовго до руйнування балки – свого роду сигнал, який попереджає про небезпеку і потребує термінових мір.

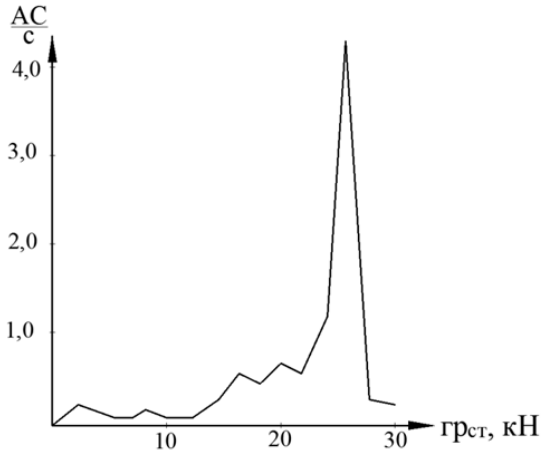


Рисунок 2 – Зміна інтенсивності сигналів АЕ по ступеням навантаження

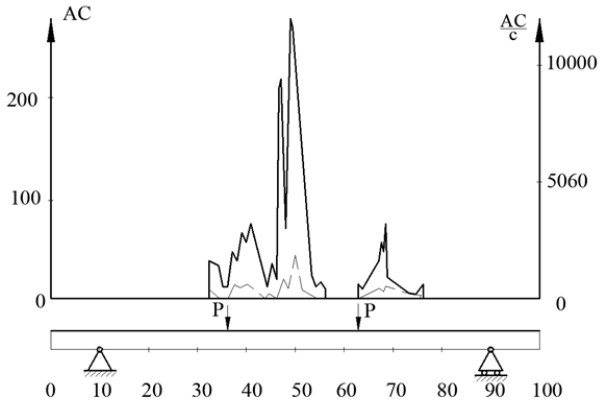
Другою важливою характеристикою АЕ є величина амплітуд АС, яка характеризує розміри пошкоджень що з'являються. Аналіз частот амплітуд АС, наведених в табл.3, показує, що переважають сигнали з малою амплітудою (від 100 до 374 mV), які характерні для розвитку субмікропошкоджень (88,7 %); АС з амплітудою 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 швидко розвиваючимся динамічним процесом пошкодження структури матеріалу, який приводить до руйнування конструкції.

Таблиця 3

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	$\sum_{i=1}^{n}$
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							

В період знаходження балки під навантаженням в різних точках по її довжині з'являються АС з різною амплітудою. На рис.3 показаний зв'язок між кількістю АС і величиною сумарної амплітуди в окремих точках по довжині балки. Таким чином, всі приведені вище експериментальні матеріали свідчать про те, що метод АЕ дає можливість спостерігати за процесом порушення структури матеріалу в період роботи його під навантаженням і являється наочним і 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 зя'влених 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 прийняти рішення про необхідність ремонту, зміцнення або заміни конструкції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. С.С. Гомон, Конструкції із дерева та пластмас: практикум / С.С. Гомон, Рівненьський університет водного господарства та природокорист. – Рівне: НУВГГ, 2012 – 154 с.
2. Ф. П. Белянкин, В.Ф. Яценко, Деформативносность и сопротивляемость древесины., Киев.: Издательство АН УССР, 1957 – 200 с.
3. Ю.Н. Кушнарев, Некоторые проблемы прочности и деформативности деревянных конструкций с учетом накопления повреждений. Межвузовский тематический сборник трудов « Разработка современных конструкций из дерева и пластмасс – Ленинград, 1989.
4. А. Я. Барашиков, Будівельні конструкції: підручник / А. Я.Барашков, В. М. Колядкова. – Київ: Слово, 2011 – 256с.
5. С. Н. Журков, В. С. Куксенко, В. А. Петров и др. О прогнозировании разрушения горных пород. Физика Земли. №6. – 1977.
6. В. И. Иванов, Акустическая эмиссия в процессе когерентного разрушения. В кН.: ДАН, 1986, том 287, №2 с. 302 – 306.
7. А. Е. Андрейкив, Н.В. Лысак, Метод АЭ в исследовании процессов разрушения. Киев.: Наукова думка, 1989 –с. 173 .
8. І. М. Неклюдов, З.Т. Назарчук, В. Р. Скальський, Л. Н. Добровольська, Застосування методу акустичної емісії для діагностування корпусів ядерних реакторів. Частина 2, фізико механічний інститут ім.. Г. В. Карпенка. НАНУ, Львів.
9. P. G. Bently. Review af acoustic emission for pressurized water reactor applications. NDT Intern. 1981 – 14 p .c. 329 – 335.
10. Дж. Богданофф, Ф. Козин, Вероятностные модели накопления повреждений. М.: Мир, 1989 – 341 с.
11. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення:ДБН В.2.6 – 161:2010, затв. Мінрегіон буд України 30.12. 2010. – Київ: М-во регіонального розвитку та будівництва України, 2011 – 102 с.

REFERENCES

1. S.S. Gomon, Konstrukzii iz dereva ta plastmas:praktikum / S.S. Gomon, Rsvnenski universitet vodnogo gospodarstva ta prsrodokorist. – Rivne: NVGG, 2012 – 154sc.
2. F. P. Belyankin, V.F. Yazenko, Deformatsvnst i soprotsvlyaemost drevesinu., Kiev.: Szdatelstvo AN USSR, 1957 – 200 s.
3. Y.N. Kushnarev, Nekotorue problem prochnosti i deformativnosti derevynux konstrukzii s ychetom nakopleniy povreshdenii.Meshvyzovskii tematicheskii sbornik trudov « Razrobotka sobremenux konstrukzii iz dereva i plastmass – Leningrad, 1989.
4. A. Y. Barashikov, Budsvelini konstrukzii: pidruchnik/ A. Y. Barashikov, V. M. Kolydkova. – Kiev: Slovo, 2011 – 256s.
5. S. N. SHurkov, V.S. Kuksenko, V. A. Petrov i dr. Oprognozirovanii razrusheniy gornux porod.Fizika Zemli. №6. – 1977.
6. V. I. Ivanov, Akusticheskay emisiy prosesse kogerentnogo razrusheniy. V kn.: DAN, 1986, том 287, №2 s. 302 – 306.
7. A. E. Andreikiv, N.B. Lusak, Metod АЭv в isslledovanii prozesov razrusheniy. Kiev.: Naukova dumka, 1989 –s. 173 .
8. I. M. Neklydov, Z.T. Nazarchuk, V. R. Skalьskii, L. N. Dobrovolska, Zastosuvanny metodu akusticheskoi emisiї dly diagnostuuvanny korpusiv ydernux reaktoriv. Chastina 2, fiziko mexanichnii institut im. G. V. Karpenka. NANU, Lviv.
9. G. Bently. Review af acoustic emission for pressurized water reactor applications. NDT Intern. 1981 – 14 p .c. 329 – 335.
10. Dsh. Bogdanoff, F. Kozin, Veroytnostnue modeli nakopleniy povreshdenii. M.: Mir, 1989 – 341 s.
11. Konstrukzii budinkiv I sporud. Derevynnii konstrukzii. Osnovni poloshenny:DBN V.2.6 – 161:2010, zatv. Minregion bud Ukraini 30.12. 2010. – Kiev.: M-vo regionalnogo rozvitku ta budivniztva Ukraini, 2011 – 102 s.

Ісмаілова Неллі Петрівна – д.т.н, доцент кафедри інженерної механіки, Військова академія (м. Одеса). E-mail: Nelly969@ukr.net. ORCID ID: 0000-0003-0181-4420.

Кушнарьова Галина Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки, Військова академія (м. Одеса). E-mail: sopromat.galina@gmail.com.ORCID ID: 0000-0003-26310-02435.

Радченко Ірина Григовівна – викладач кафедри інженерної механіки, Військова академія (м. Одеса). E-mail: irarad27@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6069-1382.

Рабоча Тетяна Валентинівна – к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки, Військова академія (м. Одеса). E-mail: sopromat. rabochayatanya@i.ua. ORCID ID: 0000-0002-9475-334X.

Кучеренко Лілія Василівна – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

Н. П. Ісмаілова[1]
Г. А. Кушнарева[1]
И. Г. Радченко[1]
Т. В. Рабоча[1]
Л. В. Кучеренко[2]

НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ СООРУЖЕНИЙ, РЕЗЕРВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

[1]Военная академия, Одесса
[2]Винницкий национальный технический университет, Винница

В статье приведены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности несущих конструкций, изготовленных из дерева при действии статических нагрузок. В большинстве крупных городов Украины существует огромное количество сооружений, которые имеют историческую и архитектурную ценность. Чтобы сохранять эти сооружения веками, необходимо постоянно получать подобную информацию о состоянии их несущих конструкций для принятия своевременных решений о усилении, замене, капитальном ремонте и т. п.

В материалах строительных конструкций за период эксплуатации происходят изменения, связанные с появлением, развитием и накоплением повреждений структуры. Эти повреждения вызывают субмикро- и микротрещины, которые являются результатом внешних механических воздействий на конструкцию и поэтому переход в граничное состояние является результатом медленного накопления повреждений. Разработав методику регистрации повреждений, можно получить инструмент, позволяющий не только контролировать текущее состояние конструкции, но и прогнозировать изменение ее несущей способности во времени.

В период эксплуатации происходит изменение структуры материалов несущих конструкций. Развитие этого процесса состоит из нескольких этапов, основными из которых являются: деформирования межатомных связей, зарождения субмикротрещины в результате разрыва макромолекул, которые образуют стенки трахеид. Это оказывается внезапно и сопровождается слабыми звуковыми сигналами, напоминающими микровзрыв. Взаимодействие субмикротрещины приводит к их слиянию и возникновения микротрещин, а слияние и увеличение микротрещин - к возникновению макротрещин (магистральной трещины), которая приводит к разрушению материала. Этот динамичный процесс, в зависимости от величины, характера и времени действия нагрузки, может стабилизироваться во времени или, продолжаясь, привести к разрушению конструкции.

Для выявления и регистрации повреждений материала не пригодны механические и электрические приборы, применяемые в настоящее время (индикаторы, тензорезисторы и другие приборы). Для этой цели необходимо использовать неразрушающие методы исследования, позволяющие вести непрерывное наблюдение за субмикро- и микропроцессов, которые проходят в структуре материала конструкции. Такие методы оценки остаточного ресурса в настоящее время успешно применяют только в авиации и на важных оборудования (тепловые, гидравлические, атомные электростанции и т.д.) До настоящего времени не существует методики учета изменения ресурса материала в процессе эксплуатации, так как потребность для изучения этих процессов очевидна.

Назрела необходимость всесторонне исследовать вопрос накопления повреждений в деревянных конструкциях при воздействии нагрузки, и связанные с этим процессы изменения площади поперечного сечения и несущей способности и использовать результаты исследования при расчете конструкций. Это дает возможность снизить материалоемкость и сделает сечения деревянных конструкций более экономичными, а также позволяет избежать чрезмерных запасов прочности.

Направление совершенствования методики проектирования и расчета деревянных конструкций и определения остаточного ресурса основных деревянных конструкций сооружений еще не нашли отражения в технической литературе. В связи с этим требуется его всестороннее исследование.

Для исследования процессов накопления повреждений в материале конструкции был использован метод, который не разрушает конструкцию. Это метод акустической эмиссии, которая связана с распространением в материале упругих волн вызванных динамической локальной перестройкой его структуры. Сигналы акустической эмиссии появляются при возникновении микро- и макродефектов и сопровождают весь процесс деформирования материала. Это позволяет диагностировать состояние конструкции, поскольку излучение звуковых колебаний можно обнаружить на той стадии, когда конструкция в целом еще остается работоспособной.

Ключевые слова: прочность, деформативность, деревянные конструкции, ресурс, акустическая эмиссия.

Исмаилова Нелля Петровна – д.т.н, доцент кафедры инженерной механики, Военная академия (г. Одесса). E-mail: Nelly969@ukr.net. ORCID ID: 0000-0003-0181-4420.

Кушнарева Галина Александровна – к.т.н доцент кафедры инженерной механики, Военная академия (г. Одесса). E-mail: sopromat.galina@gmail.com.ORCID ID: 0000-0003-26310-02435.

Радченко Ирина Григорьевна – преподаватель кафедры инженерной механики, Военная академия (г. Одесса). E-mail: irarad27@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6069-1382.

Рабочая Татьяна Валентиновна – к.т.н., доцент кафедры инженерной механики, Военная академия (г. Одесса). E-mail: sopromat. rabochayatanya@i.ua. ORCID ID: 0000-0002-9475-334X.

Кучеренко Лилия Васильевна - к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры. Винницький национальный технический университет. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

N. Ismailova[1]
G. Kushnareva[1]
I. Radchenko[1]
T. Worker[1]
L. Kucherenko[2]

ACCUMULATION OF DAMAGES OF NEW CARRIAGE CONSTRUCTIONS, PERFORMANCE CAPACITY

[1]Military Academy, Odessa
[2] Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia

The article presents the results of experimental studies of the strength and deformability of load bearing structures made of wood under the action of static loads. In most major cities of Ukraine there are a huge number of buildings that have historical and architectural value. To preserve these structures for centuries, it is necessary to constantly receive such information about the state of their supporting structures for making timely decisions about reinforcement, replacement, overhaul, etc.

In the materials of building structures, changes occur during the period of operation associated with the appearance, development and accumulation of structural damage. These damages cause submicron and microcracks, which are the result of external mechanical effects on the structure and therefore the transition to the boundary state is the result of a slow accumulation of damage. Having developed a technique for registering damage, you can get a tool that allows you not only to monitor the current state of the structure, but also to predict the change in its bearing capacity over time.

In the period of operation there is a change in the structure of materials bearing structures The development of this process consists of several stages, the main of which are: deformation of interatomic bonds, nucleation of a sub-microcrack as a result of breaking macromolecules that form the walls of tracheids. This turns out to be suddenly and is accompanied by weak sound signals, resembling a micro explosion. The interaction of submicrocracks leads to their merging and the occurrence of microcracks, and the merging and increase of microcracks - to the occurrence of macrocracks (trunk crack), which leads to the destruction of the material. This dynamic process, depending on the size, nature and time of action of the load, may stabilize over time or, continuing, lead to the destruction of the structure.

Mechanical and electrical devices currently used (indicators, strain gauges and other devices) are not suitable for detecting and recording material damage. For this purpose, it is necessary to use non- destructive research methods that allow continuous observation of submicro- and micro-processes that take place in the structure of the material of the structure. Such methods for estimating the residual life are currently being successfully applied only in aviation and on important equipment (thermal, hydraulic, nuclear power plants, etc.) The processes are obvious.

There is a need to comprehensively investigate the issue of damage accumulation in wooden structures under load, and the associated processes of changing the cross-sectional area and carrying capacity and use the results of the study in the calculation of structures. This makes it possible to reduce the consumption of materials and make the sections of wooden structures more economical, and also allows you to avoid excessive margins.

The direction of improving the methods of designing and calculating wooden structures and determining the residual life of the main wooden structures of structures are not yet reflected in the technical literature. In this regard, it requires a comprehensive study.

To study the processes of damage accumulation in the material of construction, a method was used that does not destroy the structure. This is an acoustic emission method, which is associated with the propagation in the material of elastic waves caused by the dynamic local restructuring of its structure. Acoustic emission signals appear at the onset of micro and macro defects 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 is still operational.

Key words: strength, deformability, wooden structures, resource, acoustic emission.

Ismailova Nelli – Doctor of Technical Sciences, Department of Engineering Mechanics Military Academy. E-mail: Nelly969@ukr.net. ORCID ID: 0000-0003-0181-4420.

Kushnariova Halyna – PhD, Associate Professor Department of Engineering Mechanics Military Academy. E-mail: sopromat.galina@gmail.com.ORCID ID: 0000-0003-26310-02435.

Radchenko Iryna – Teacher Department of Engineering Mechanics Military Academy. E-mail: irarad27@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6069-1382.

Rabochaya Tatyana – PhD, Associate Professor Department of Engineering Mechanics Military Academy. E-mail: sopromat. rabochayatanya@i.ua. ORCID ID: 0000-0002-9475-334X.

Kucherenko Lilia – PhD, Associate professor of the Department of Building, Urban and Architecture, Vinnitsa National Technical University. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.