

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗМІНИ РОЗПОДІЛУ ПАРАМЕТРІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ МАТЕРІАЛІВ

С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Яременко, О.І. Бойчук, М.А. Овсієнко

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: inpat59@ukr.net

Забезпечення безаварійної роботи конструкцій та споруд є вкрай важливою і актуальною задачею. Тому значна увага науковців приділяється розробці нових методів, обладнання та методичних матеріалів для їх реалізації у промисловості. Особлива увага приділяється стану матеріалу конструкцій та споруд для своєчасного прийняття рішень і недопущення аварійних або нештатних ситуацій. Проводиться дослідження змін параметрів акустичної емісії (АЕ) на різних етапах випробування зразків матеріалів. У роботі представлено розробку підходів до аналізу розподілу параметрів подій АЕ. На основі аналізу даних багаточисельних досліджень різних матеріалів попередньо визначені інформативні параметри, розподіл яких потребує дослідження. Розроблені алгоритми та визначені засоби налаштування аналізу розподілу параметрів подій АЕ впроваджені у робочій частині та візуальному інтерфейсі програми ЕМА-3.92. Встановлено, що зміни параметрів АЕ мають певні закономірності, що показано на результатах випробувань зразків зі сталі 17ГС, та можуть бути використані для оцінки стану матеріалів при проведенні АЕ контролю та моніторингу. Бібліогр. 15, табл. 1, рис. 11.

Ключові слова: акустична емісія, вид розподілу, зміна параметрів, зразки матеріалів, механічні випробування

Метод АЕ протягом останніх десятиліть успішно використовується для оцінки стану промислових конструкцій, особливо підвищеної небезпеки і тривалого експлуатування [1–6].

В ІЕЗ ім. Є.О. Патона також проводяться дослідження АЕ для удосконалення самого процесу контролю стану матеріалів і аналізу отриманих даних, а також розробляються методики та інша нормативна документація (НД) для застосування отриманих результатів [7–9]. Створені системи АЕ контролю та моніторингу дозволяють отримувати значні об'єми інформації з об'єктів контролю та оперативно її обробляти. Сучасний розвиток АЕ приладів та обчислювальної техніки, такі можливості, як взаємодія між програмами, багатозадачність та розвинений графічний інтерфейс дозволяють проводити більш глибокі та серйозні дослідження у цьому напрямку, зокрема безпосередньо у реальному часі, зіставивши характер змін окремих параметрів АЕ та стан матеріалів за даними АЕ. Це вимагає проведення випробувань зразків різних матеріалів та відповідних алгоритмів оцінки.

Розподіл певного інформативного АЕ параметра може нести принципово важливу інформацію щодо процесів, які відбуваються у матеріалі під час деформування та/або експлуатаційного напруження матеріалу. Основним чинником, що визначає корисність використання розподілу того чи іншого параметра, слугує наявність зміни цього розподілу при зміні стану матеріалу.

Мета досліджень – вивчення зміни параметрів АЕ у процесі навантаження зразків та встановлення характеристик їх розподілів, що дозволить удосконалити процедуру оцінки стану матеріалів конструкцій під час проведення АЕ контролю і моніторингу.

Обладнання для проведення досліджень. Для вивчення зміни параметрів АЕ на різних етапах навантаження зразків матеріалів при проведенні механічних випробувань використовували випробувальний стенд на базі розривної машини з гідравлічним приводом Р-20, тензOMETричну станцію для вимірювання параметрів навантаження, систему АЕ діагностики ЕМА-3 (рис. 1, а), зразки матеріалів спеціальної форми (рис. 1, б). Для отримання даних на поверхні зразків встановлювали лінійну антену з 4-х датчиків АЕ (рис. 1, в). Попередньо обладнання для проведення досліджень було перевірено, протестовано з використанням в якості імітаторів сигналів АЕ встановлених на зразках датчиків АЕ, налаштовані вихідні дані для програмного забезпечення системи [10–11].

Основні технічні характеристики системи АЕ діагностики ЕМА-3 наведені в таблиці.

Обладнання проходить щорічну метрологічну перевірку [12]. Чутливість кожного з задіяних каналів АЕ та відповідних датчиків, налаштування порогів дискримінації амплітуд є тотожними. Перед кожним наступним випробуванням підтверджували чутливість каналів (рис. 2) та точність визначення координат подій АЕ шляхом тестування від

Недосека С.А. – <https://orcid.org/0000-0002-3239-381X>, Недосека А.Я. – <https://orcid.org/0000-0001-9036-1413>, Яременко М.А. – <https://orcid.org/0000-0001-9973-4482>, Бойчук О.І. – <https://orcid.org/0000-0001-5800-1549>, Овсієнко М.А. – <https://orcid.org/0000-0002-2202-827X>

© С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Яременко, О.І. Бойчук, М.А. Овсієнко, 2022

Основні технічні характеристики приладу ЕМА-3

Одноплатний промисловий комп'ютер PCA-6751		Процесор Intel Pentium MMX; ОЗП 64МБ Інтерфейс Ethernet 10/100 Mbps	
Контролер акустичної емісії АЕС402			
Кількість незалежних каналів АЕ		4	
Безперервний потік АЕ імпульсів, що обробляється		> 1000/с	
Частотний діапазон оброблюваного АЕ сигналу		25...1000 кГц	
Вимірювані первинні параметри АЕ			
Параметр АЕ	Одиниця виміру	Макс. значення	
Час надходження (Elapse Time)	125 нс	7 років	
Час наростання (Rise Time)	125 нс	100 мс	
Тривалість (Duration)	125 нс	1,6 с	
Число подій АЕ (Counts)	1	1 048 576	
Пікова амплітуда (Peak), логарифмічний режим	0,5 дБ	123 дБ(мкВ)	
Середнє значення (Average), логарифмічний режим	0,5 дБ	123 дБ(мкВ)	

імітаторів сигналів АЕ, в якості яких використовували встановлені датчики АЕ.

Методика та результати дослідження. Методика дослідження передбачала статичне розтягнення зразків до моменту руйнування (рис. 1, в) з синхронним вимірюванням та записом стандартних АЕ характеристик досліджуваного матеріалу. Процес навантаження зразків та зміни параметрів АЕ відстежувались на робочому екрані системи як у цифровій, так і у графічній формі.

Параметри сигналів АЕ, що отримують під час випробувань, можна розділити на вимірювані та

похідні від них, а також на такі, що стосуються форми окремого сигналу, і такі, що характеризують розповсюдження хвиль АЕ у часі та просторі.

На підставі аналізу проведених випробувань зразків різних типів і розмірів та даних АЕ моніторингу та контролю промислових конструкцій були визначені п'ять параметрів для більш детального аналізу: амплітуда (A , дБ), час наростання амплітуди до максимуму або Rise Time (R , мкс), тривалість (W , мкс), число осциляцій (C), частота (F , Гц). Вказані параметри є основними при отриманні первинної АЕ інформації [13].

Ці параметри безпосередньо вимірюються АЕ обладнанням і стосуються форми окремих дискретних сигналів, початком яких вважається перетин амплітудою безперервно вимірюваної АЕ встановленого порогу дискримінації, а завершенням – зниження амплітуди нижче цього порогу або програмно обмежена тривалість.

Після проведення випробувань було більш детально проаналізовано зміну визначених для досліджень п'яти параметрів АЕ протягом випробувань зразків. Це дозволило зробити певні висновки щодо повторюваності розподілів основних інфор-

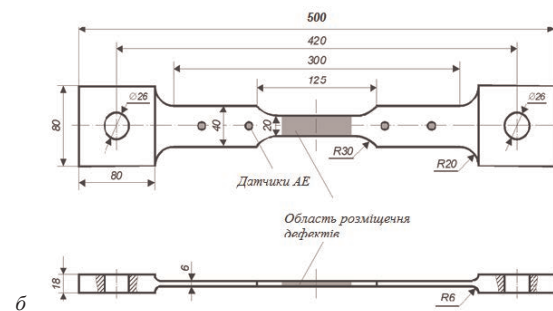


Рис. 1. Обладнання та зразок для проведення досліджень

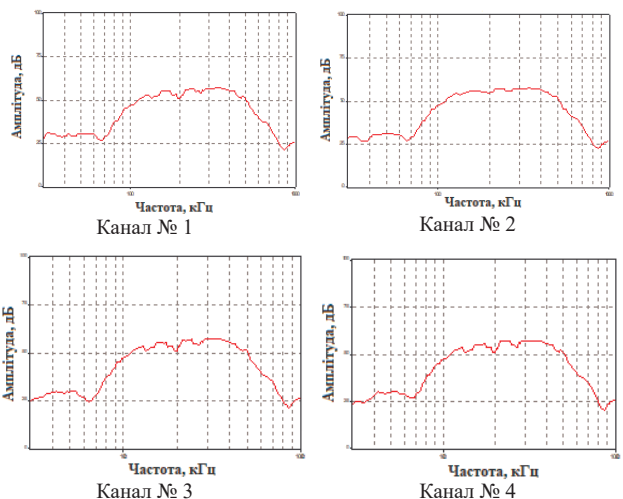


Рис. 2. Амплітудно-частотні характеристики задіяннях у випробуваннях каналів АЕ за результатами перевірки

мативних параметрів і стало подальшою основою проведених у даній роботі досліджень.

Для візуалізації та додаткової обробки даних використовували оновлену версію програми ЕМА-3.92 з можливістю аналізу розподілу значень параметрів сигналів АЕ по каналах. Розглянемо більш детально нові можливості програми.

Розроблений для аналізу параметрів АЕ екран (рис. 3) містить необхідні елементи для вибору, налаштування параметрів аналізу та порівняння розподілу даних по окремих АЕ каналах з переглядом результатів у графічному вигляді. У реальному часі можливе автооновлення поточного екрану з заданим інтервалом.

Вгорі екрану знаходяться елементи керування, які дозволяють задати кількість смуг розбиття параметрів, а також встановити діапазон даних, для якого виконується побудова графіків розподілу. Ширина смуг визначається шляхом розділення максимального значення відповідного параметра АЕ на їх кількість. Це дозволяє підвищувати інформативність та точність представлення даних.

На кожному графіку можуть бути представлені дані одного або двох каналів АЕ (використання на одному графіку даних з двох вибраних каналів спрощує їх порівняння). У ряду графіків для каналу представлені результати розподілу для п'яти вище визначених для детального аналізу параметрів розподілених по окремих каналах подій АЕ: амплітуда, Rise Time, тривалість, число осциляцій, частота.

Принцип побудови графіків наступний:

1. Канали АЕ (два або один) для кожної серії графіків горизонтального ряду можна вибрати в списку ліворуч.

2. Весь діапазон значень відображуваного параметра, зареєстрованих в процесі вимірювань, розбивається на смуги відповідно до значення текстового поля «число точок розбиття» у верхній частині екрану.

3. По осі абсцис відкладається початкове значення параметра в даній смузі, по осі ординат – кількість попадань параметра у смугу.

4. Передбачено можливість завдання інтервалу спрацювань датчиків, для якого будується розподіл параметрів. Це дозволяє порівнювати різні етапи навантаження об'єктів контролю на основі графіків розподілу.

5. Для графіків передбачений вибір типу графіка (стовпчастий або ступінчастий), відображення – приховування сітки. Для підвищення якості та чіткості відображення графіків передбачено можливість зміни розмірів робочої області завданням висоти та ширини.

6. Дані розподілу можна експортувати до таблиць Excel для більш детального аналізу.

На базі даних раніше проведених випробувань зразків зі сталі 17ГС наведемо види розподілів для визначених вище параметрів, які виявились

найбільш інформативними: амплітуда (A , дБ), час наростання амплітуди до максимуму або Rise Time (R , мкс), тривалість (W , мкс), число осциляцій (C), частота (F , Гц).

При проведенні аналізу даних було встановлено, що дані відповідають двом відомим типам розподілів – нормальному розподілу та гамма-розподілу [14, 15].

Покажемо на прикладі даних, отриманих під час випробувань 14-ти зразків зі сталі 17ГС на статичний розтяг до повного руйнування, як виглядають графіки розподілу параметрів АЕ на початковій та заключній стадіях деформування. Оскільки графіки досить масштабні, а представлена на них інформація є типовою для всіх зразків, покажемо лише деякі з них з метою охарактеризувати загальну картину, що спостерігалась.

Зразок (рис. 1, б) у розривній машині розташований вертикально (рис. 1, в). АЕ канали нумеруються послідовно з верхнього датчика (найближчого від рухомої траверси) до нижнього.

Перш ніж перейти до подання та аналізу графіків розподілу, покажемо на прикладі випробувань одного із зразків, що величини амплітуд та характер накопичення даних АЕ по різних каналах, незважаючи на тотожні налаштування чутливості, суттєво відрізняються.

Під час проведення випробувань для обробки АЕ інформації використовували антенний режим роботи датчиків, який дозволяє за результатами близького за часом спрацювання їх усіх формувати події АЕ і визначати їх координати. При обробці, наведеній нижче, антенний режим змінено на зонний, так що дані кожного каналу розглядаються окремо і кожне спрацювання датчика трактується як самостійна подія АЕ, віднесена до відповідного каналу. Це дозволило побудувати графіки накопичення подій АЕ у залежності від часу випробування (рис. 4), де лінійний графік червоного кольору показує навантаження P (кг), стовпчастий графік синього кольору – амплітуди A (дБ) подій АЕ по кожному з каналів, а крива фіолетового кольору – накопичення подій (N , безрозмірна) – позначена ін-

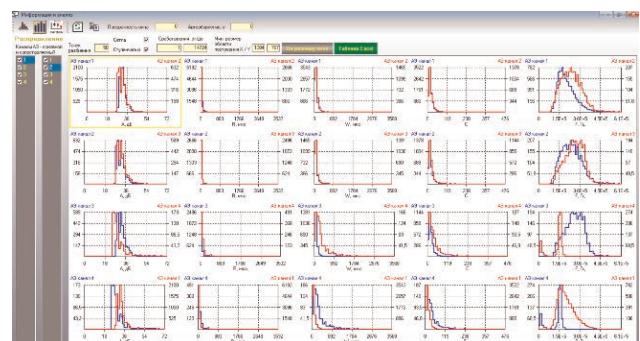


Рис. 3. Вікно аналізу даних з графіками розподілів даних АЕ по каналах у програмі ЕМА-3.92

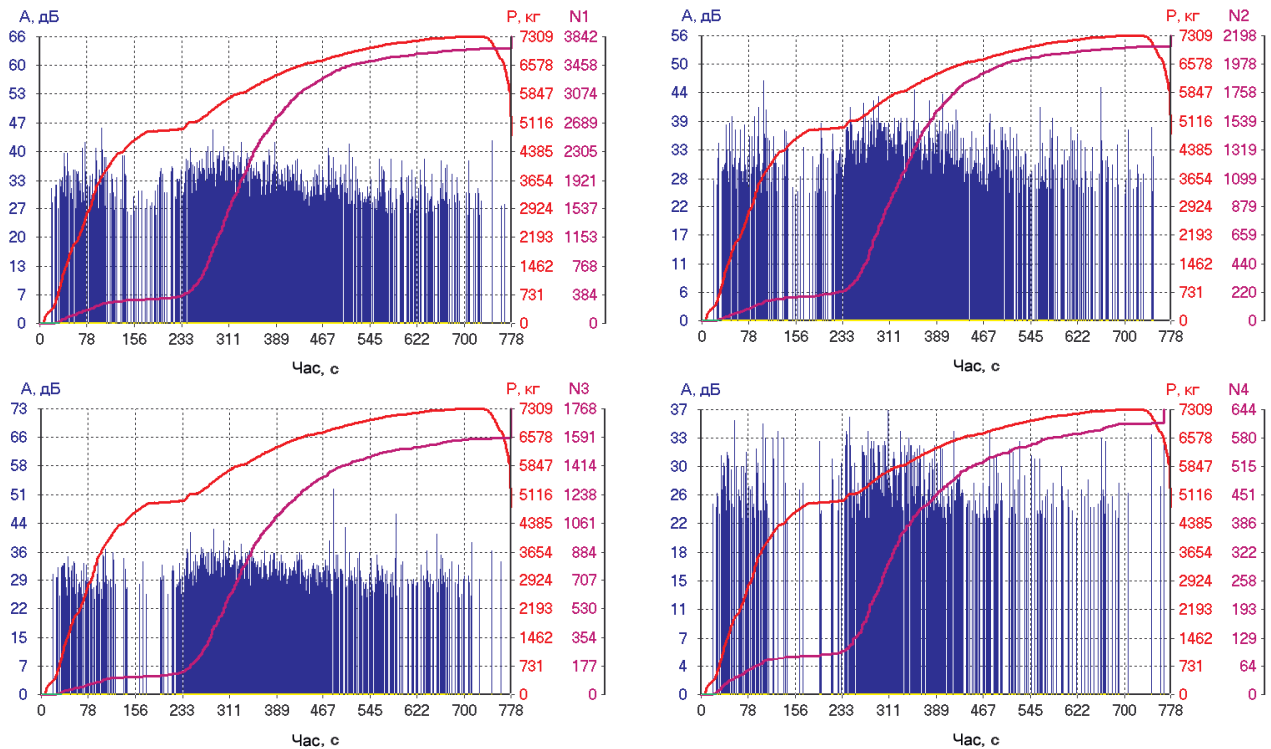


Рис. 4. Результати АЕ випробування одного із зразків для окремих каналів

дексами N від 1 до 4, які вказують, до якого саме каналу АЕ відноситься кожен з чотирьох графіків.

Слід зазначити, що графіки (рис. 4) також можна назвати графіками розподілу вибраних параметрів, але це не статистичний розподіл, а розподіл у часі. Він добре демонструє характер накопичення пошкоджень у міру навантаження та відповідну картину АЕ. Але особливість полягає у тому, що повну картину процесу випробувань можна спостерігати лише після їх завершення. Водночас з графіків видно, що було б корисним отримувати статистичний розподіл параметрів АЕ по окремих каналах на певних стадіях випробувань і порівнювати його на певному масиві даних від початку до кінця випробування. Важливість цього підтверджується тим, що дані, наведені на рис. 4, дають чітку картину різниці даних АЕ як по окремих каналах, так і у часі. Зокрема, амплітуди подій АЕ для АЕ каналів 2 та 3, за винятком моменту повного розриву зразка, є більшими, ніж для каналів 1 та 4. Це пояснюється тим, що послаблена область зразка знаходиться між датчиками 2 та 3 і розвиток руйнування починається біля них, а саме, руйнування для всіх випробуваних зразків відбулося або точно по центру зразка, або близько до нього, тобто посередині між датчиками 2 і 3.

Враховуючи, що для кожного випробуваного зразка було зареєстровано декілька тисяч спрацювань датчиків, для початкового аналізу було прийняте рішення порівнювати розподіл АЕ параметрів (амплітуда, Rise Time, тривалість, число осциляцій, частота) на базі однієї тисячі перших та такої ж кількості останніх спрацювань. Це цікаво

також тому, що на заключній стадії деформування кількість спрацювань датчиків є меншою, ніж на початкових, а основною метою аналізу розподілів було встановити наявність різниці між початковою та заключною стадіями деформування на графіках розподілів. Встановлення такої різниці дає основу для подальших досліджень, які б дозволили за кількісними даними розподілів розпізнавати, на якій стадії руйнування знаходиться матеріал.

Графіки зміни параметрів АЕ для трьох зразків для 1000 перших та 1000 останніх спрацювань датчиків АЕ, що були зареєстровані під час проведення випробувань, тобто на різних етапах навантаження зразків, показано на рис. 5–10. Порівняємо для пар каналів (1 ряд – канали 1 і 2; 2 – 2 і 3; 3 – 3 і 4; 4 – 4 і 1) розподіли відповідних параметрів АЕ (амплітуда (A , дБ) – 1-й стовпчик графіків; Rise Time – (R , мкс) – 2-й стовпчик графіків; тривалість (W , мкс) – 3-й стовпчик графіків; число осциляцій (C) – 4-й стовпчик графіків; частота (F , Гц) – 5-й стовпчик графіків).

Відмінність кривих підтверджує принципову можливість розпізнавання стану матеріалу і перспективність подальших досліджень у даному напрямку. Графіки були вибрані з результатів обробки випробувань 14-ти зразків як найбільш типові. Наявна ж різниця з іншими результатами випробувань не є принциповою, тобто встановлені закономірності є стійкими, як мінімум, для досліджуваного матеріалу – сталі 17ГС. Відзначимо також, що кількість смуг розбиття складала 50. Максимальне значення аналізованого параметра розбивалося на дане число, після чого перевірялося попадання па-

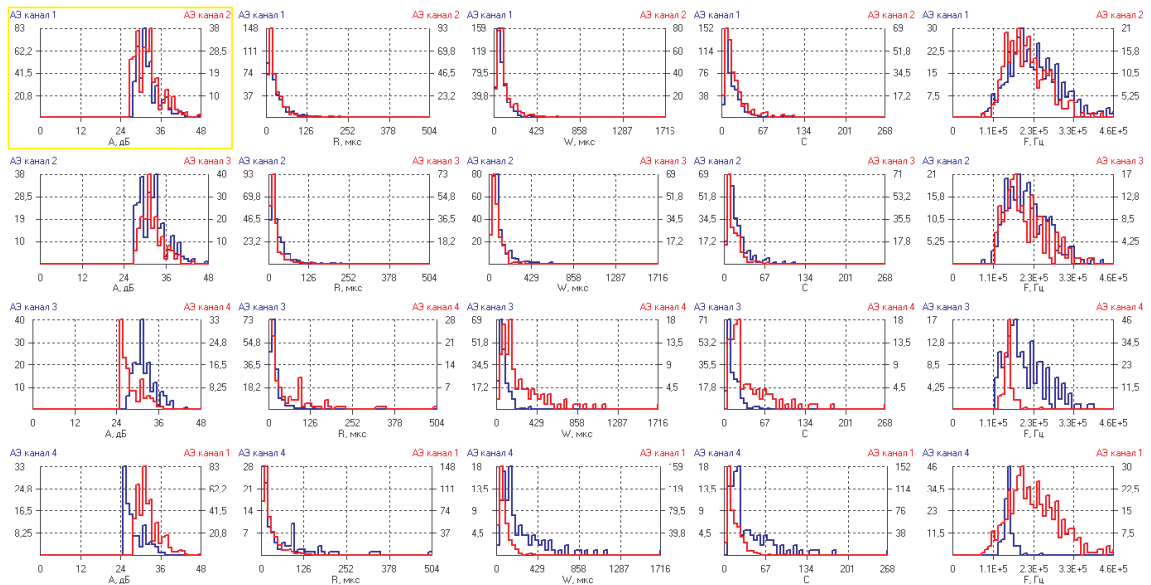


Рис. 5. Зразок № 1. Графіки розподілу параметрів АЕ для перших від початку випробування 1000 спрацювань датчиків

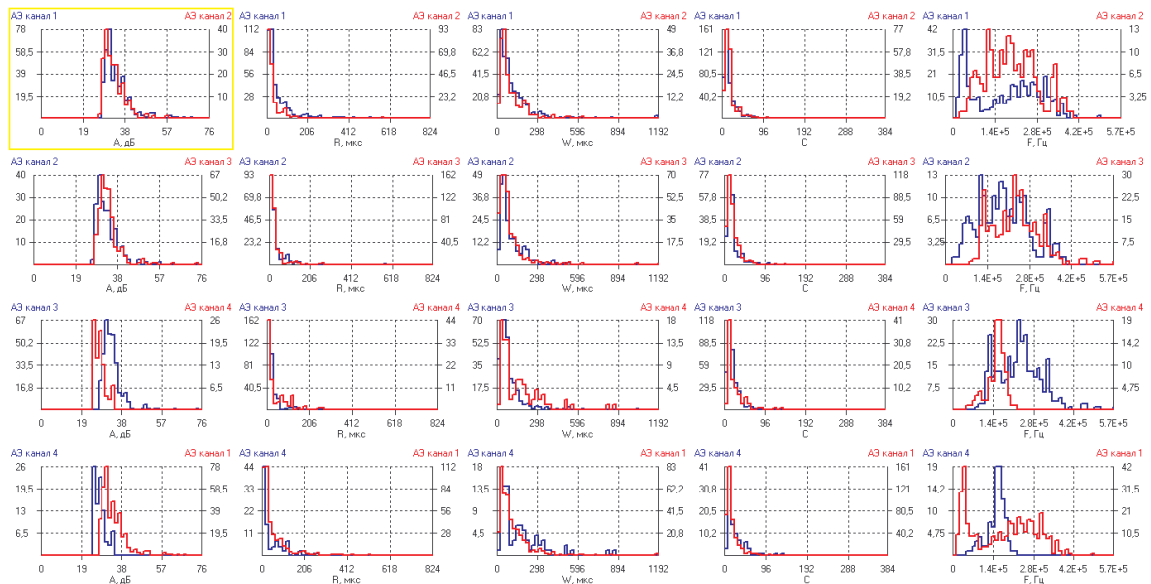


Рис. 6. Зразок № 1. Графіки розподілу параметрів АЕ для останніх перед завершенням випробування 1000 спрацювань датчиків

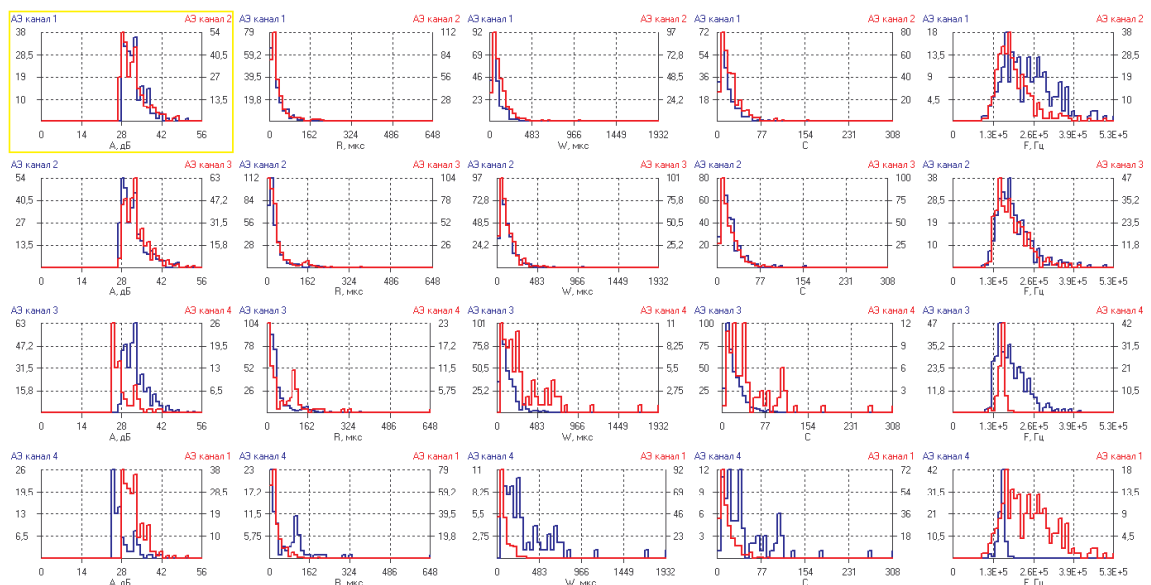


Рис. 7. Зразок № 2. Графіки розподілу параметрів АЕ для перших від початку випробування 1000 спрацювань датчиків

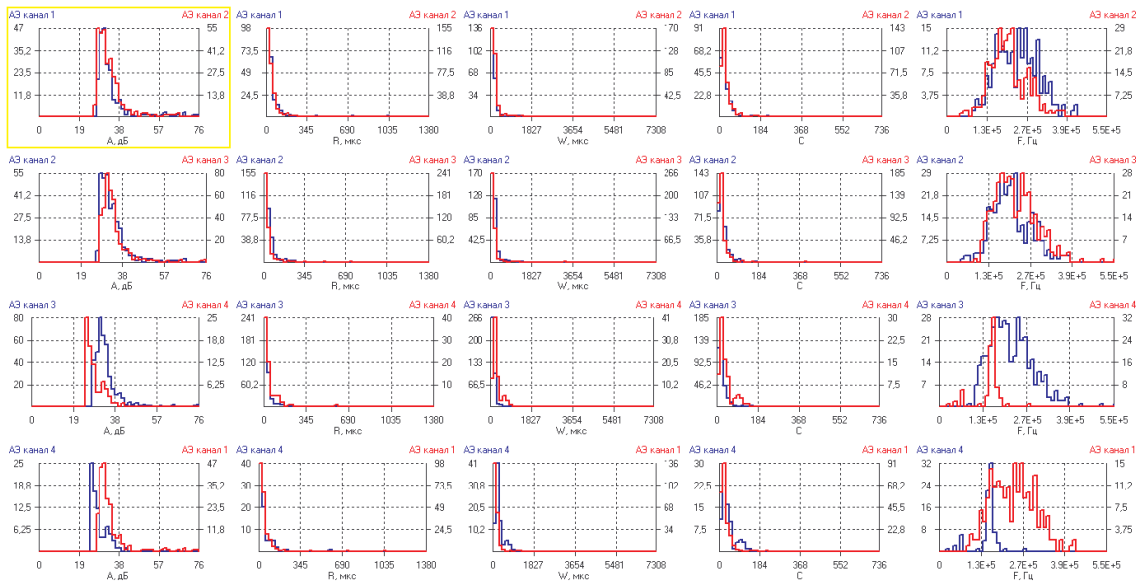


Рис. 8. Зразок № 2. Графіки розподілу параметрів АЕ для останніх перед завершенням випробування 1000 спрацювань датчиків

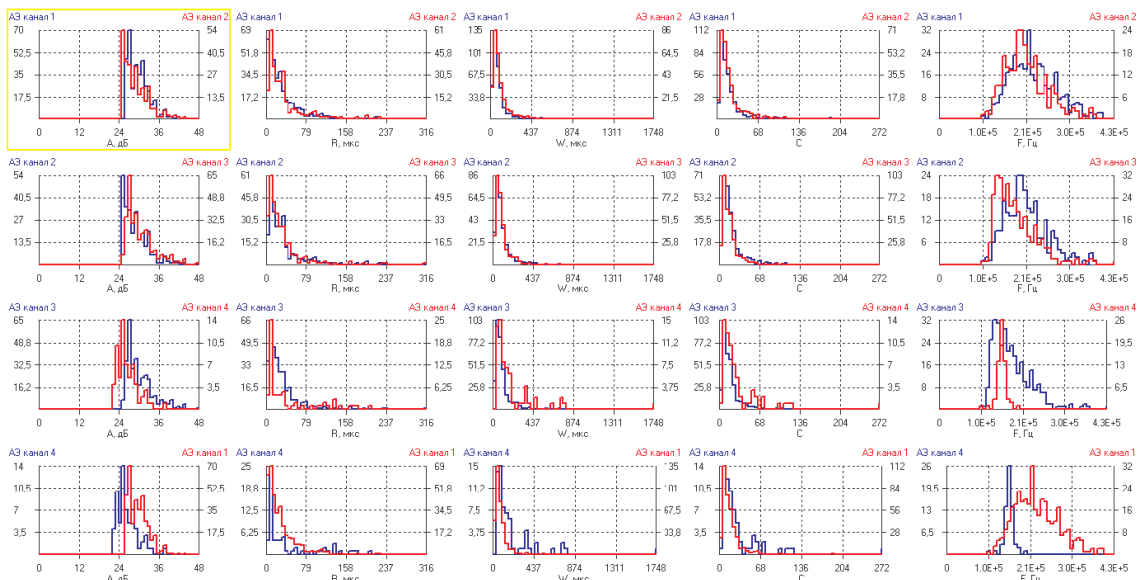


Рис. 9. Зразок № 3. Графіки розподілу параметрів АЕ для перших від початку випробування 1000 спрацювань датчиків

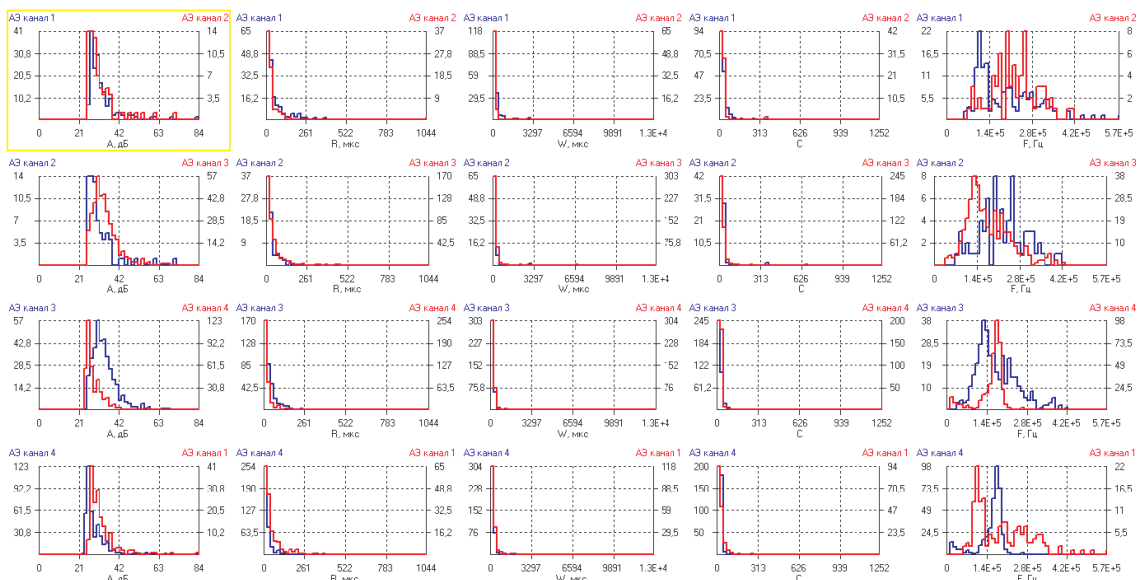


Рис. 10. Зразок № 3. Графіки розподілу параметрів АЕ для останніх перед завершенням випробування 1000 спрацювань датчиків

раметра в одну з 50-ти смуг. Деякі смуги не містять параметрів, відповідно на графіках це відображається лінією, що співпадає з віссю абсцис.

Відзначимо, що дані випробувань трьох зразків можна вважати достатньо інформативними і типовими, щоб не показувати інші. Нумерація зразків на рис. 5–10 не співпадає з реальним порядковим номером їх випробування, вони пронумеровані послідовно як 1, 2 і 3.

Як бачимо з наведених вище графіків випробувань, отримані розподіли мають певні стійкі закономірності, а саме:

1. Загальний вид розподілів кожного з аналізованих параметрів АЕ має в цілому однаковий вигляд для усіх 14-ти випробуваних зразків. Це свідчить про те, що такий вигляд розподілу не є випадковим, а вказує на певні властивості АЕ під час випробувань, які можна аналізувати та описувати кількісно.

2. Для амплітуди A та частоти F закономірність розподілу має, з певними похибками, вид нормального (гаусівського).

3. Для часу наростання сигналу R , кількості осциляцій C та тривалості сигналу W розподіл має вигляд, найбільш подібний до гамма-розподілу.

4. Розподіл кожного з аналізованих параметрів у кінці випробування відрізняється від того ж розподілу на початку випробування. Ці зміни мають стійкі закономірності, як кількісні, так і якісні, що дозволяє рекомендувати більш детальне дослідження таких розподілів для подальшого розпізнавання стану матеріалу.

До таких змін відносяться:

- збільшення максимуму амплітуди; при цьому інші параметри змінюються стабільно для кожного з датчиків, але у різних експериментах по-різному;
- відхилення розподілу амплітуди від нормального таким чином, що ліворуч від умовного центру спостерігається більша крутизна кривої розподілу, ніж праворуч;
- зміщення умовного центру розподілу амплітуд ліворуч при наближенні до руйнування (при цьому слід пам'ятати, що графіки зведено до однакового розміру, їх мінімуми та максимуми не співпадають, отже йдеться про відносне відхилення);
- розподіл частоти перед руйнуванням значно ближче за своєю формою до нормального, ніж на початку випробувань;
- графіки для датчиків 2 і 3 мають більш близьку між собою форму розподілів усіх параметрів, ніж інші. Це пояснюється наближеністю даних датчиків до зони накопичення пошкоджень і кінцевого джерела руйнування.

З метою перевірки відповідності отриманих даних вказаним вище видам розподілів дані експортували до MS Excel у вигляді таблиць, стовпці яких містять по 50 елементів, які відповідають кількості

попадань кожного параметра у смугу з відповідним номером від 1 до 50. Після цього для кожного стовпця таблиці розраховували функцію розподілу та будували її графік. Враховуючи дуже велику кількість таблиць та графіків, наведемо нижче два графіки для зразка № 1 для таких параметрів, отриманих АЕ каналом № 1, як частота F (рис. 11, а) та час наростання сигналу до максимуму R на початковій стадії деформування (рис. 11, б), які є достатньо показними і типовими для усіх отриманих даних.

По осі абсцис відкладемо номер смуги, по осі ординат – значення функції розподілу. Графік побудуємо стовпчастий і для більшої наочності нанесемо на нього умовну огинаючу, яка показує відповідність отриманої функції розподілу його типу.

Для нормального розподілу його параметри, математичне сподівання та дисперсія, отримані автоматично шляхом розрахунку. Для гамма-розподілу необхідний підбір найбільш оптимальних значень параметрів α та β , які у даному випадку обидва дорівнюють десяти. Відмінність даних параметрів для розподілів інших даних вказує на необхідність автоматизації їх підбору.

Як бачимо, на рис. 11, а спостерігається типова функція нормального розподілу; на рис. 11, б – гамма-розподілу. Таким чином, проведені розрахунки та побудовані на їх основі графіки підтверджують стійкість знайдених закономірностей для даної серії АЕ випробувань.

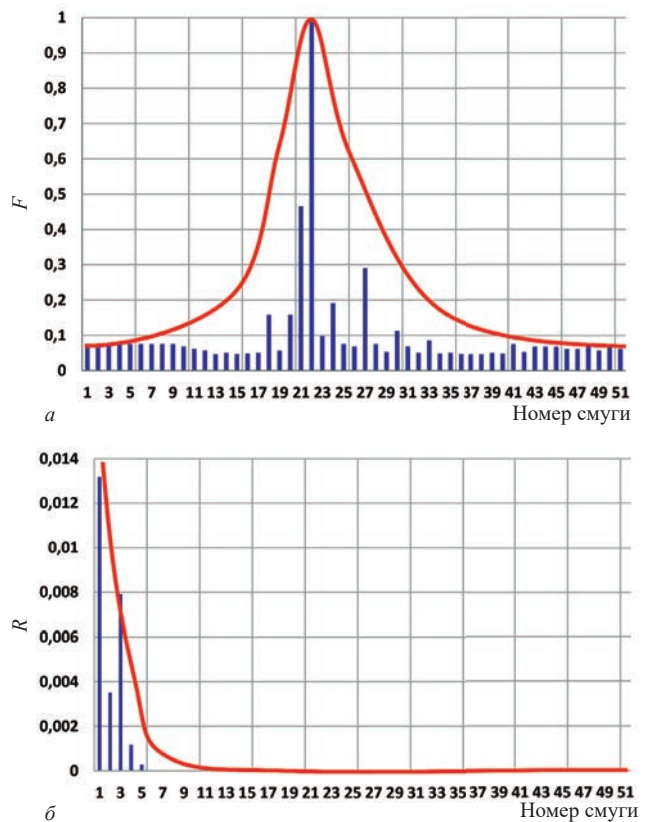


Рис. 11. Зразок № 1. Функція розподілу параметрів АЕ (канал № 1) для перших від початку випробування 1000 спрацювань датчиків: а – частота; б – час наростання до максимуму

Висновки

Проведений аналіз отриманих під час випробувань 14-ти зразків зі сталі 17ГС показав наявність стійких закономірностей у розподілах параметрів АЕ під час навантаження та руйнування зразків.

Попередня оцінка та аналіз отриманих розподілів показують, що частина з них близька до нормального типу, а частина – до гамма-розподілу.

Для визначення розподілів АЕ параметрів для зразків з інших матеріалів необхідно провести серію випробувань та порівняти отримані результати для різних матеріалів.

Для більш детального дослідження розподілів параметрів АЕ як при проведенні випробувань матеріалів, так і при проведенні АЕ контролю реальних об'єктів, необхідне подальше вдосконалення програми ЕМА, зокрема реалізація автоматизації зсуву вибірки аналізованих даних у міру їх накопичення, а також підбору коефіцієнтів розподілу.

Детальне вивчення кількісних та якісних закономірностей розподілів параметрів АЕ при проведенні АЕ контролю і моніторингу дозволить покращити якість оцінки стану пошкодженого матеріалу.

Список літератури/References

1. Ono, K. (2015) Review on Structural Health Evaluation with Acoustic Emission. *Appl. Sci.*, **8**, 958.
2. Gholizadeh, S., Leman, Z., Baharudin, B.T.H.T. (2015) A review of the application of acoustic emission technique in engineering. *Struct. Eng. Mech.*, **54**, 1075–1095.
3. Eaton, M., Pearson, M., Lee, W., Pullin, R. (2015) Accurate damage location in complex composite structures and industrial environments using acoustic emission. *Proc. J. Phys. Conf. Ser.*, **628**, 012105.
4. Nazarchuk, Z., Skalskyi, V., Serhiyenko, O. (2017) *Acoustic Emission: Methodology and Application*. Springer, Cham, Switzerland, ISBN 978-3-319-49350-3.
5. Журавльов С.В., Ободовський Б.М., Яременко М.А. та ін. (2021) Впровадження технології АЕ моніторингу на ОПЗ. *Технічна діагностика і неруйнівний контроль*, **3**, 26–32. DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2021.03.03>
6. Скальський В.Р. (2016) Явище акустичної емісії в оцінюванні пошкодженості елементів конструкцій. *Вісник НАН України*, **2**, 59–66.

- Skalskyi, V.R. (2016) Phenomenon of acoustic emission in evaluation of structural element damage. *Visnyk NAN Ukrainy*, **2**, 59–66 [in Ukrainian].
7. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А. та ін. (2021) Інтегрування методу АЕ в технологію ремонту і продовження ресурсу металоконструкцій. *Технічна діагностика і неруйнівний контроль*, **1**, 11–16. DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2021.01.02>
8. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А. та ін. (2021) Integration of AE method into the technology of repair and extension of life of metal structures. *Tekh. Diagnost. ta Neruiniv. Kontrol*, **1**, 11–16 [in Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2021.01.02>
9. Патон В.Е., Лобанов Л.М., Недосека А.Я., Недосека С.А. (2018) Примененіе технологи акустико-емиссионного контроля при оценке состояния сосудов химического производства. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **1**, 34–41.
10. Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А., Овсиенко М.А. (2018) Application of the technology of acoustic emission monitoring at evaluation of the condition of vessels in chemical production. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **1**, 34–41 [in Russian].
11. Патон В.Е., Лобанов Л.М., Недосека А.Я., Недосека С.А. (2018) On the application of AE technology in continuous monitoring of pipelines of power units operating at high temperatures. *International Journal of Condition Monitoring*, **Vol. 8**, 100–105.
12. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А. и др. (2019) Особенности АЭ диагностики. Технология, аппаратура и алгоритмы. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **1**, 3–12.
13. Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А. и др. (2019) Peculiarities of AE diagnostics. Technology, equipment and algorithms. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **1**, 3–12 [in Russian].
14. Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А. и др. (2013) Программное обеспечение систем АЭ диагностики ЕМА-3.9. *Там само*, **3**, 16–22.
15. Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А. et al. (2013) Software of AE diagnostic system ЕМА-3.9. *Ibid.*, **3**, 16–22 [in Russian].
16. (2004) МПУ 002/10-22-2004. *Метрологія. АЕ діагностичний комплекс ЕМА (електронна частина). Методика повірки*. Київ, Укрметрестандарт.
17. (2004) МПУ 002/10-22-2004. *Metrology. AE diagnostic complex (electronic part). Verification procedure*. Kyiv, Ukrmetreststandart [in Ukrainian].
18. Stone, D.E., Dingwall, P.F. (1977) Acoustic Emission parameters and their interpretation. *NDT international*, **10**, 51–56.
19. Шенк Х. (1972) *Теория инженерного эксперимента*. Москва, Мир.
20. Шенк, Н. (1972) *Theory of engineering experiment*. Moscow, Mir [in Russian].
21. Феллер В. (1984) *Введение в теорию вероятностей и ее приложения*. Москва, Мир.
22. Feller, V. (1984) *Introduction to probability theory and its application*. Moscow, Mir [in Russian].

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF APPLYING A CHANGE IN THE DISTRIBUTION OF ACOUSTIC EMISSION PARAMETER TO IMPROVE DETERMINATION OF MATERIAL STATE

S.A. Nedoseka, A.Ya. Nedoseka, M.A. Yaremenko, O.I. Boichuk, M.A. Ovsienko

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU. 11 Kazymyr Malevych str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: inpat59@ukr.net

Ensuring trouble-free operation of structures and constructions is an extremely important and urgent task. That is why scientists pay a lot of attention to development of new methods, equipment and procedural materials for their implementation in industry. Particular attention is given to the state of material of the structures and constructions for timely decision taking and avoiding accidents or emergencies. Investigation of changes of acoustic emission (AE) parameters at different stages of testing material samples is conducted. Development of approaches to analysis of the distribution of AE event parameters is presented in the work. Informative parameters the distributions of which need to be studied, were tentatively determined, proceeding from analysis of the data of numerous investigations of different materials. Developed algorithms and determined means for setting up analysis of distribution of AE event parameters were introduced into the working part and visual interface of ЕМА-3.92 program. It is established that changes of AE parameters have certain regularities which is demonstrated by the results of testing samples from 17GS steel, and they can be used for assessment of the state of materials, when performing AE control and monitoring. Ref. 15, Tabl. 1, Fig. 11.

Keywords: acoustic emission, distribution type, parameter change, material samples, mechanical testing

Надійшла до редакції 31.01.2022