

**ВИЗНАЧЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ АРМАТУРНОГО  
ПРОКАТУ КЛАСУ А500С ЗА СИГНАЛАМИ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ  
ПРОВЕДЕННІ ВХІДНОГО КОНТРОЛЮ КОНСТРУКЦІЙ, МАТЕРІАЛІВ ТА  
ВИРОБІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СПОРУД**

**Бабяк І.П.**  
*ДерждорНДІ*

---

**Актуальність теми**

На сьогоднішній день дорожнє будівництво в Україні набирає все більшого розмаху. Так, в 2005 р. закінчено будівництво автомобільної дороги Київ-Одеса, завершено реабілітацію автомобільної дороги Київ-Чоп, виконуються роботи на а/д Сімферополь – Дніпропетровськ, Львів – Краківець та ін. Проведення в Україні чемпіонату Європи з футболу у 2012 році буде стимулювати ремонти та будівництво нових доріг на маршрутах руху вболівальників. Зростання об'ємів і темпів дорожніх робіт вимагає застосування конструкцій, матеріалів та виробів, які дозволяють зберегти високі темпи робіт і забезпечити найвищу якість. При цьому виникає потреба у швидкому та надійному визначенні їх якості та відповідності стандартам України при надходженні на будівельний майданчик.

Зокрема, одним з відкритих питань з визначення якості залишається дослідження арматурного прокату. З 01.01.99 в Україні введено в дію новий стандарт на арматурний прокат для залізобетонних конструкцій – ДСТУ 3760:2006 [1]. Відповідно до нього для отримання достовірних результатів з визначення втомної міцності при випробуванні арматури необхідно випробувати серію зразків, які повинні досягати базової кількості прикладання багаторазово повторюваних навантажень (БПН).

При визначенні витривалості арматурних зразків при прикладанні до них БПН експеримент триває значну кількість часу. Визначення характеристик витривалості лише для одного діаметру арматури, включаючи зварні з'єднання, триває місяці. Дослідження широкого діапазону діаметрів арматурного прокату та його з'єднань пов'язане із значними часовими витратами. Тому актуальним є застосування способу, який би дозволяв швидко та з невеликою похибкою встановлювати характеристики витривалості арматурного прокату, не витрачаючи значної кількості часу і даючи при цьому гарантію застосування на будівельних майданчиках якісного арматурного прокату.

Необхідність високих характеристик витривалості арматурного прокату обумовлено тим, що всі конструкції мостів та шляхопроводів працюють на прикладання БПН. Як відомо, арматура, що зазнала впливу БПН, який перевищує розрахунковий, руйнується крихко і миттєво. Тому необхідним є застосування арматурного прокату з характеристиками, регламентованими нормами, зокрема і в частині збільшення розрахункового терміну служби мостів – 100 років, водопропускних труб – 50 років згідно з новими ДБН В.2.3-14:2006 „Мости та труби. Правила проектування”.

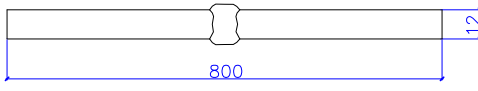
## Побудова кривих витривалості для зразків арматури класу А500С із використанням параметрів акустичної емісії (АЕ).

Як було встановлено раніше [2-7], характер графіків параметрів випромінювання АЕ чітко описує зміну напружено – деформованого стану зразків протягом всієї тривалості випробування при статичному навантаженні або при БПН. Це твердження справедливе як для зразків, які досягають базового значення кількості циклів прикладання БПН, так і для зразків, які його не досягають.

Для побудови графіку витривалості арматурних зразків за параметрами сигналів АЕ був використаний принцип побудови діаграм витривалості механічним способом, де по осі ординат відкладаються значення максимального напруження циклу ( $\sigma_{\max}$ ), а по осі абсцис – довговічності зразків.

Криві витривалості із використанням параметрів акустичної емісії АЕ будувалися для зразків стикових зварних з'єднань С1-Ко арматури  $\varnothing 12$ мм класу А500С (таблиця 1).

**Таблиця 1** – Результати випробувань зразків стикових зварних з'єднань С1-Ко арматури  $\varnothing 12$  мм класу А500С

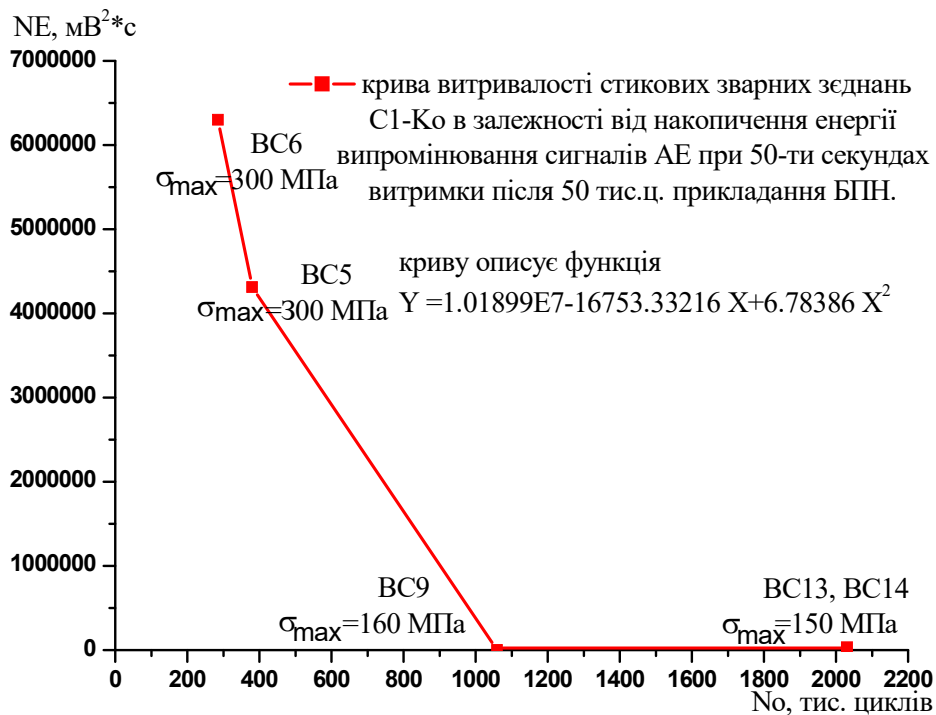
Вид випробувань	Схема зразка	№ зразків $\varnothing 12$ мм	Параметри випробувань		Довговічність зразка, $N_0$ , млн. цикл.
			Коеф. асиметрії циклу, $\rho$	Напруження циклу $\sigma$ , МПа	
Витривалість		BC1	0,33	$\sigma_{\max}=400,0$ $\sigma_{\min}=132,0$	0,19
		BC2			0,12
		BC3			0,16
		BC4			0,18
		BC5		$\sigma_{\max}=300,0$ $\sigma_{\min}=100,0$	0,380
		BC6			0,285
		BC7			0,350
		BC8			0,395
		BC9		$\sigma_{\max}=160,0$ $\sigma_{\min}=53,0$	1,060
		BC10			1,080
		BC11			1,105
		BC12			1,090
		BC13		$\sigma_{\max}=150,0$ $\sigma_{\min}=49,5$	2,01
		BC14			2,01
		BC15			2,01
		BC16			2,01

По осі ординат відкладались значення накопичення енергії при прикладанні до зразків 50, 120, 140 і т.д. тисяч циклів БПН. Значення параметру АЕ “накопичення енергії” ( $E_N$ ) встановлювалось на 50-й, 70-й, 100-й і т.д. секунді запису АЕ. По осі абсцис відкладались значення кількості циклів БПН ( $N_0$ ), які зазнав зразок до руйнування (рис. 1, 2).

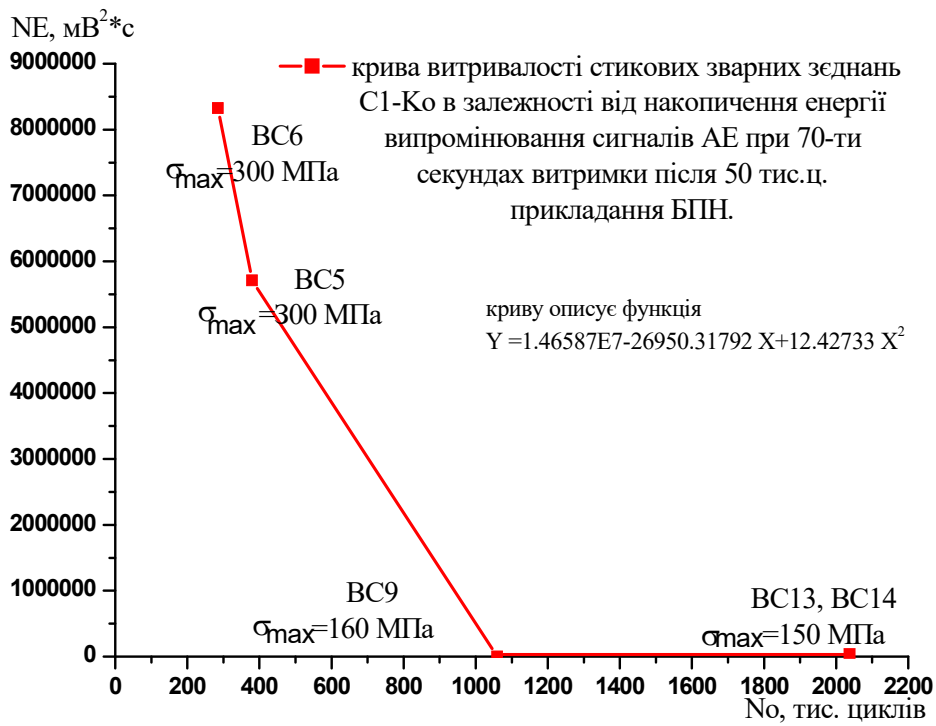
Розглянувши побудовані графіки залежності  $E_N$  від  $N_0$  помітно зміну в напружено-деформованому стані зразка. В залежності від режиму навантаження на зразок фіксується різна кількість енергії акустичної емісії, що випромінюється ним. Більш легким режимам навантаження (менші значення максимального напруження циклу) відповідають нижчі рівні енергії сигналів АЕ і навпаки, при зростанні  $\sigma_{\max}$  значно зростає енергія сигналів АЕ. При цьому в залежності від рівня накопиченої енергії в певний визначений момент часу навантаження арматури БПН можна встановити витривалість без подальшого прикладання навантаження.

Крива витривалості, побудована для зварних з'єднань зразків арматурного прокату  $\text{Ø}12\text{A}500\text{C}$ , дає можливість визначити залишковий ресурс арматури та конструкцій, в яких вона буде застосовуватись, після будь-якої кількості прикладання БПН та при різних значеннях  $\sigma_{\max}$ .

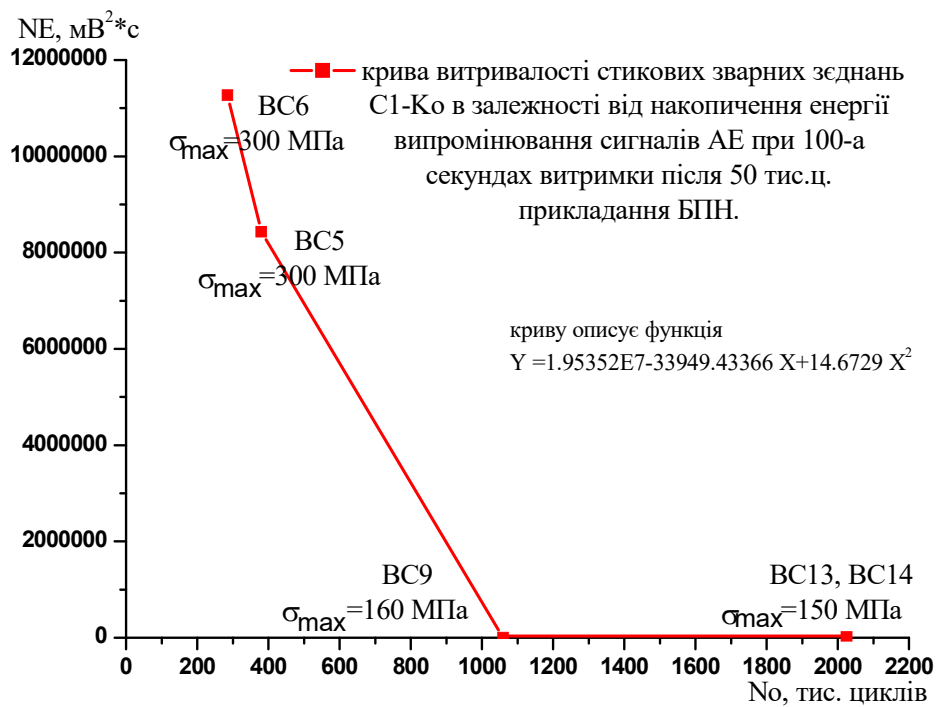
У багатьох розвинутих країнах світу підхід до оптимального використання та прогнозування роботи тих чи інших матеріалів, конструкцій вже давно досягнув величезних обсягів. Такий підхід у використанні матеріалів, зокрема арматурного прокату, дозволить економити матеріали у випадку достатньої залишкової міцності при ремонтах конструкцій, що зазнають впливів БПН, та відвертати аварії, що можуть виникати при втраті міцності конструкціями, арматура яких вичерпала себе, зазнавши впливу базової кількості прикладання БПН.



a



б

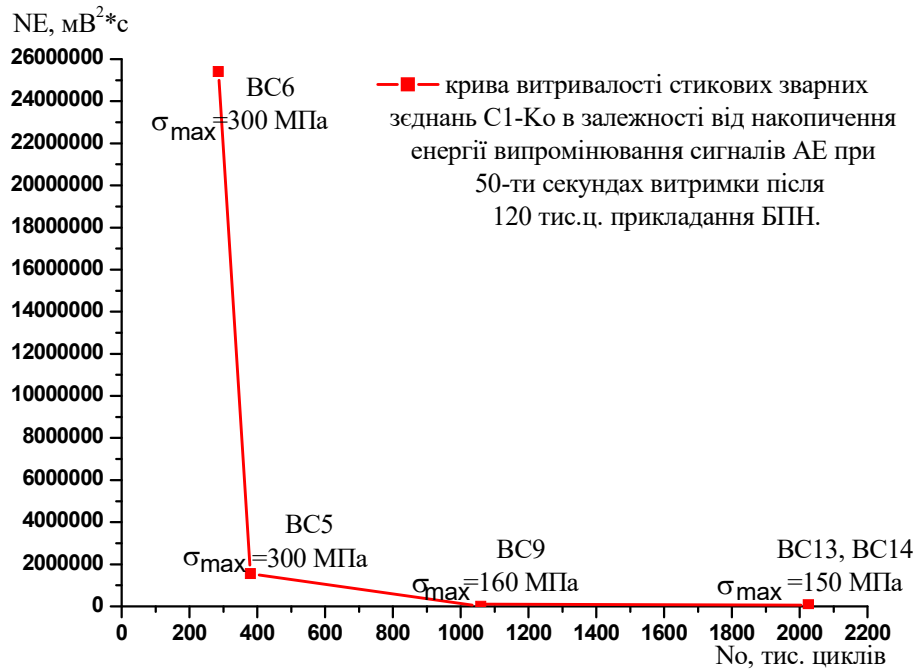


в

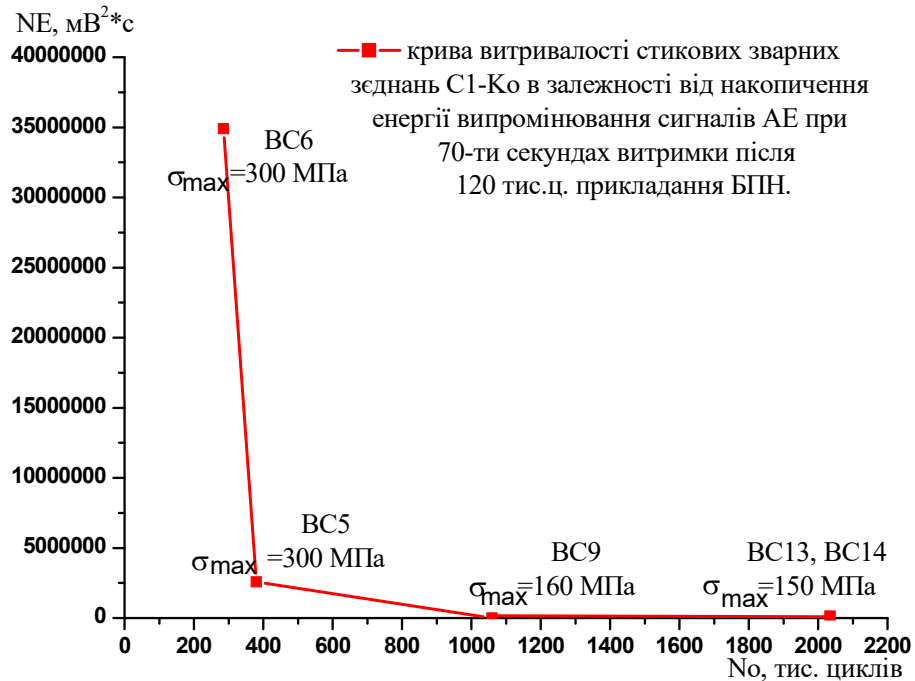
а – на 50-й секунді; б – на 70-й секунді; в – на 100-й секунді

**Рисунок 1** – Визначення витривалості арматурних зразків стикових зварних з'єднань С1-Ко Ø12А500С через параметр  $E_N$  акустичної емісії при 50 тис.ц. завантаження БПН

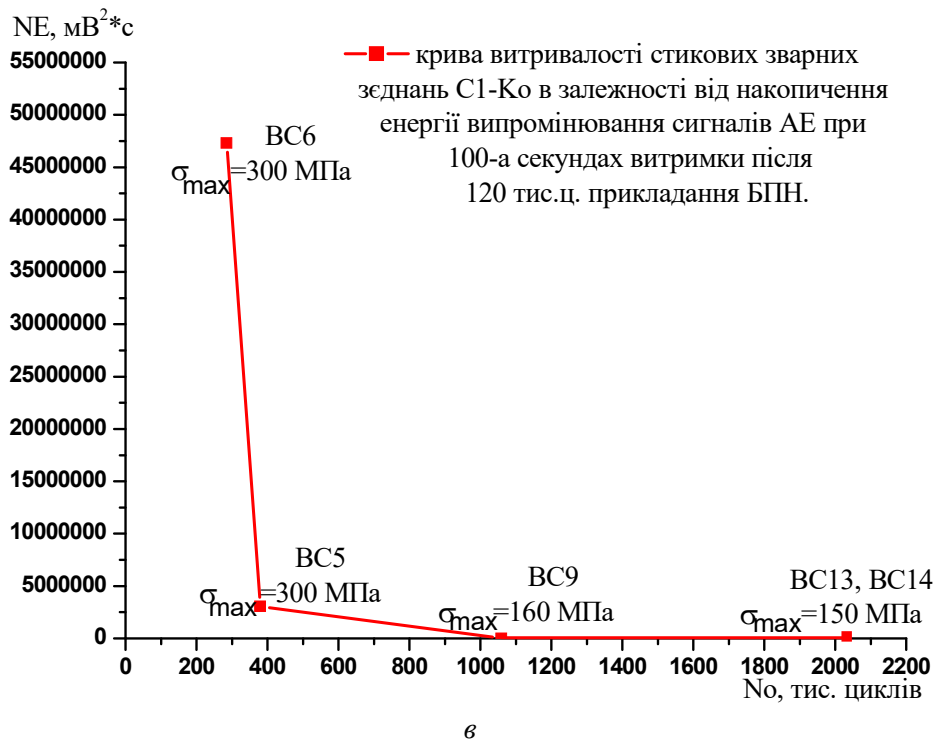
Зараз, коли Україна вступила у ринкові відносини, багато заводів – виробників з тих чи інших причин перейшли на виробництво арматурних прокатів нових видів. Оскільки ці види прокатів нові, не всі вони випробувані на прикладання БПН. При цьому інколи деякі з заводів виробляють сталь, яка за своїми характеристиками не відповідає вимогам, встановленим до класів арматури. За таких умов цілком можливим є використання у будівництві арматурного прокату, який би не відповідав діючим вимогам по витривалості.



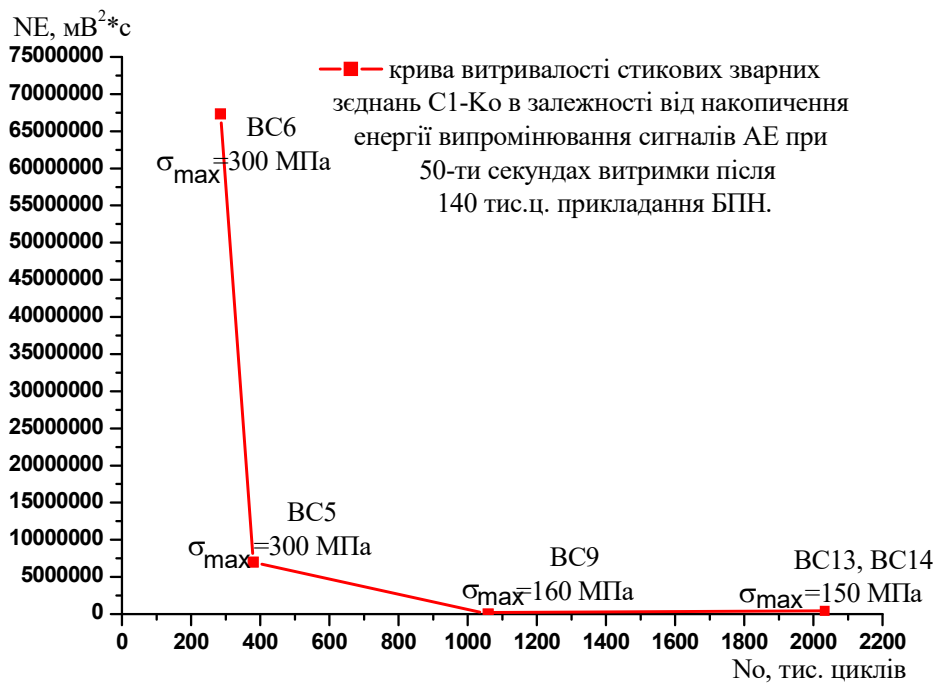
a



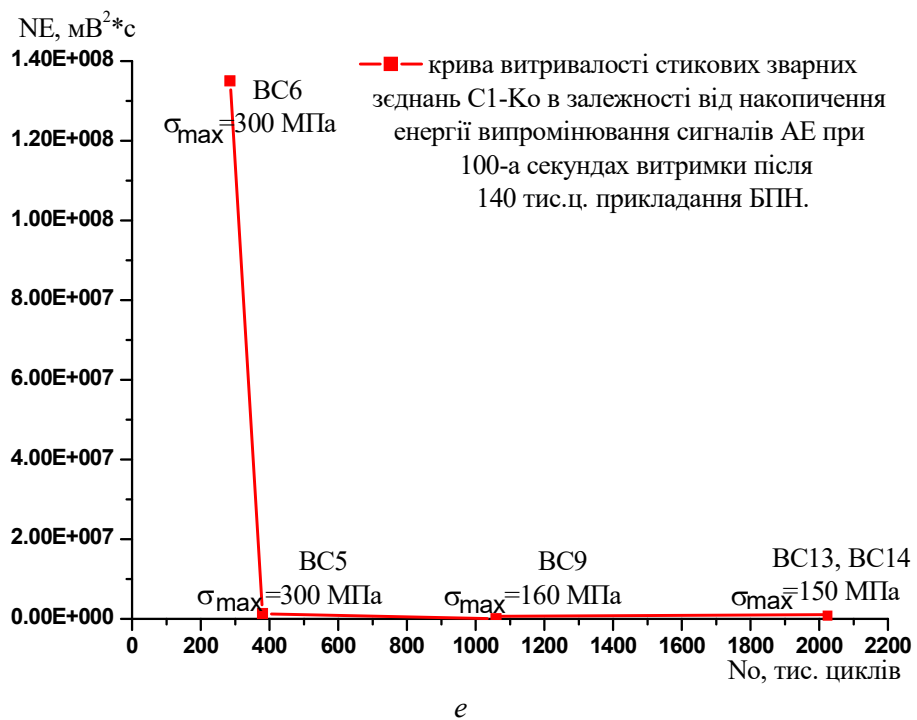
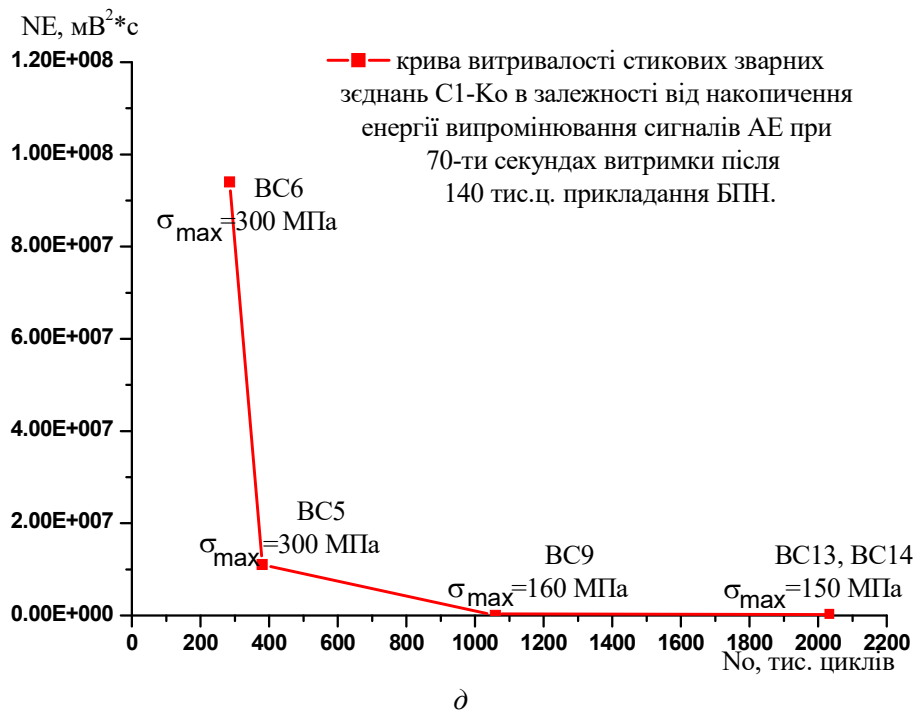
б



6



2



*a* – на 50-й секунді; *б* – на 70-й секунді; *в* – на 100-й секунді; *г* – на 50-й секунді;  
*д* – на 70-й секунді; *е* – на 100-й секунді.

**Рисунок 2** – Визначення витривалості арматурних зразків стикових зварних з'єднань С1-К0 Ø12А500С через параметр  $E_N$  акустичної емісії при 120 тис.ц. (*a*, *б*, *в*) та 140 тис. ц. (*г*, *д*, *е*) завантаження БПН

Тому важливою при визначенні залишкового ресурсу конструкцій, які працюють на прикладання БПН, була б можливість шляхом проведення кількох навантажень встановити характер випромінювання АЕ, що дозволить фактично прогнозувати, як буде працювати та чи інша конструкція (елемент конструкції), армована даним арматурним прокатом.

## Висновки

1. Графіки витривалості, побудовані на основі накопичення енергії  $E_N$  сигналів випромінювання АЕ внаслідок прикладання БПН, корелюються із графіками витривалості, побудованими класичним методом, що дозволяє використовувати даний метод при визначенні витривалості арматурного прокату [8].
2. Графіки витривалості на основі  $E_N$  дають можливість прогнозувати граничний напружено-деформований стан (руйнування) арматури в залежності від значення  $\sigma_{\max}$  в циклі за короткий проміжок часу на відміну від існуючого підходу.
3. Провівши порівняння графіків витривалості, побудованих після прикладання різної кількості БПН в різні моменти часу запису сигналів АЕ, можна констатувати, що повні дані і такі, які дозволяють з найменшою похибкою прогнозувати стан арматури в залежності від різних значень  $\sigma_{\max}$ , є графіки, побудовані після прикладання до зразків 50 тис. циклів БПН і в момент запису сигналів АЕ, починаючи з 50 – і секунди запису.
4. Визначення втомної міцності арматурного прокату класу А500С та його зварних з'єднань за аналізом сигналів акустичної емісії при проведенні вхідного контролю конструкцій, матеріалів та виробів дозволить виключити можливість застосування неякісного арматурного прокату при будівництві споруд.

## Література

1. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. – К.: Держспоживстандарт України, 2007 – 18 с.
2. Коваль П.М., Демчина Б.Г., Сташук П.М., Бабяк І.П. Акустична емісія арматурного прокату під час розтягу. // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр, 2002. Вип. 4. – С. 73-83.
3. Коваль П.М., Демчина Б.Г., Сташук П.М., Бабяк І.П. Дослідження арматурного прокату для конструкцій мостів з використанням методу акустичної емісії. // Наукові праці семінару “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. – К.: УТУ – 2002, С.106-109.
4. Бабяк І.П. Оцінка витривалості арматурного прокату класу А500С з використанням методу акустичної емісії. / Дороги і мости / ДерждорНДІ ім. Шульгіна. Київ, 2005, випуск № 3, С. 140-153.
5. Коваль П.М., Бабяк І.П., Фаль А.Є. Втомна міцність хрестових зварних зєднань арматури класу А500С. / ДП “Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут”. Автошляховик України. Випуск 2. – 2006.– Київ. С. 44-46.
6. Коваль П.М., Бабяк І.П., Фаль А.Є., Сташук П.М. Акустична емісія стикових зварних зєднань арматури класу А500С при дії багаторазово повторюваного навантаження. / Будівництво України, 2006, № 4. С. 7-13.
7. Филоненко С.Ф. Акустическая эмиссия. Измерение, контроль, диагностика. – К: КМУГА, 1999, 312 с.
8. Коваль П.М., Бабяк І.П. Міцність стикових зварних з'єднань зразків арматури класу А500С при багатократно повторюваних навантаженнях. / Національний університет “Львівська політехніка”. Вісник № 545, 2005, С. 103-108.