

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
**ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
*міжнародної науково-практичної онлайн конференції*  
*«Сучасні проблеми та перспективи розвитку*  
*машинобудування України»,*  
*присвяченої 20-й річниці з дня створення*  
*факультету конструювання та дизайну*  
*Національного університету біоресурсів і*  
*природокористування України*

**23-24 вересня 2021 року**

**м. Київ**

УДК 624.045.12

**НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ  
ЗАЛІЗОБЕТОНУ СТОСОВНО ДО РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ДРУГОЇ ГРУПИ**

*Яковенко І.А., д.т.н., доц.*

*Національного університету біоресурсів і*

*природокористування України, м. Київ*

*E-mail: [yakovenko\\_i\\_a@nubip.edu.ua](mailto:yakovenko_i_a@nubip.edu.ua)*

У переважній більшості випадків процес руйнування бетону у залізобетонних конструкціях будівель та споруд промислового, агропромислового та цивільного будівництва відбувається у результаті проростання однієї з тріщин або сімейства розгалужених тріщин через його переріз. Такі тріщини часто називають магістральними. Після навантаження бетонного зразка магістральна тріщина протягом довгого часу не

спостерігається, а потім, з'явившись і з великою швидкістю "пробігаючи" через зразок швидко його руйнує.

Як показує аналіз сформованих до цього часу уявлень про закономірності крихкого руйнування, у матеріалах типу бетону протікають наступні фізичні процеси: утворення зародкових мікротріщин; стягування мікротріщин (нестабільне зростання); поширення або блокування (гальмування) тріщин у досить характерному для даного матеріалу обсязі, що містить такі структурні елементи (межі наповнювачів, пори і порожнини різного походження), які можуть бути перешкодами для мікротріщин, а також при попаданні тріщини до зони дії стискаючих напружень.

Вивчення процесів, які відбуваються в усьому обсязі бетонного елемента (внутрішньоструктурного напруження, утворення субмікроскопічних тріщин, поява і розвиток мікроскопічних тріщин) є попередньою умовою в побудові теорії механіки руйнування бетону, так як усі дані щодо цих процесів, дозволяючи крок за кроком описувати процес розпаду, що не можуть поки дати можливість передбачити з достатньою точністю сам процес поділу бетонного тіла на частини.

Перехід до вивчення магістральної тріщини в цьому плані і є необхідним кроком у розвитку уявлень про кінетику руйнування бетону. Справді, зростання магістральної тріщини визначається станом і процесами в дуже малій області – у вершини цієї тріщини. У всій решті частини зразка може практично нічого не відбуватиметься, а зразок зруйнується – розпадеться на дві частини через ті явища, які відбувалися на кінчику тріщини.

Старт макротріщини, обумовлений крихким зародженням руйнування в її вершині у загальному випадку не є "гарантом" глобального руйнування елемента конструкції. При крихкому руйнуванні нестабільний розвиток тріщини починається відразу після її старту, але тим не менше тріщина може зупинитися, не зруйнувавши конструкції, що може бути пов'язано з малою енергоємністю конструкції (не вистачає енергії на забезпечення динамічного зростання тріщини) або певною системою залишкових напружень (потрапляння тріщини до області стиску). Таким чином, надійність конструкції в загальному випадку визначається не тільки умовами старту тріщини, але і кінетикою її зростання. Початок розвитку тріщини при крихкому руйнуванні реалізується за механізмом зустрічного процесу, який включає зародження і розвиток мікротріщини в зоні передруйнування та її об'єднання з макротріщиною.

Отже, розвиток крихкого руйнування не відбувається за зустрічним механізмом (на відміну від старту крихкої тріщини), а пов'язаний із безпосереднім зростанням магістральної тріщини (макротріщини). Це дає можливість безпосередньо використовувати концепцію механіки руйнування, яка зводиться до вирішення рівняння, в лівій частині якого стоять параметри  $K$ ,  $G$ , які залежать від режиму навантаження конструкції, а у правій – їхні критичні значення, які характеризують властивості матеріалу.

Характерною особливістю залізобетону є наявність тріщин при його опору силовим і деформаційним впливам. Залізобетонні конструкції, як правило, експлуатуються у стадії, яку наступає після утворення тріщин (обмежується лише ширина їхнього розкриття). Тому природним є намагання вивчити напружено-деформований стан в околиці тріщини. Саме таке завдання досліджується механікою руйнування, яка активно розвивається в останні роки.

Результати, досягнуті в цій галузі, дозволяють вже сьогодні поширити накопичені відомості на розрахунок залізобетонних конструкцій [1]. При цьому безумовно слід враховувати специфіку матеріалу. Багато що залежить і від вдалого виділення двоконсольного елемента [2].

Основні аспекти механіки руйнування, акцентують увагу на особливостях зони передруйнування з локалізованою деформацією  $\omega$  у цій зоні. З їхнього аналізу випливає, що:

1) дві поверхні тріщини повинні замикатися гладко, щоб виключити нереальне збільшення напружень у кінцевій зоні до нескінченності;

2) зважаючи на великі кривизни поверхонь, які замикаються у зоні перед руйнування, повинні враховуватися сили поверхневого натягіння, і протидіючі їм сили, що притискають знову утворені поверхні тріщини одну до одного;

3) відповідно до постулату Barenblatt G.I., міра взаємодії сил у зоні передруйнування є величиною постійною для даного матеріалу. Такі константи  $d$  в даний час розроблені школою, очолюваною Ю.В. Зайцевим.

#### **Список використаних джерел:**

1. Barenblatt G.I. (1993c). Some general aspects of fracture mechanics. In *Modelling of Defects and Fracture Mechanics*, Herrmann, G. (ed.), pp. 29–50. Springer-Verlag, Vienna, New York.

2. Iakovenko I., Kolchunov Vl. (2017). The development of fracture mechanics hypotheses applicable to the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states. *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 15(2017)3, article 455, pp. 366–375.