

**Національний університет біоресурсів і  
природокористування України**  
**Факультет конструювання та дизайну**



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**«Вісник студентів факультету конструювання та дизайну  
Національного університету біоресурсів і  
природокористування України»**

**Випуск 10**

**Київ-2022**

и анализ // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 60. – С. 184– 197.

3. Колчунов В. И. Методика экспериментальных исследований сцепления арматуры с бетоном / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко, Е. А. Дмитренко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2016. – Вип. 33. – С. 162 – 177.

**УДК 69.007 + 624.05**

## **АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ**

*Студент – Панчук В.В.*

*Науковий керівник – к.т.н. Дмитренко Є.А.*

Зчеплення арматури з бетоном залежить від дуже великої кількості різних факторів згідно результатів численних досліджень [1, 2]. Врахувати їх спільний вплив в моделюванні взаємодії арматури з бетоном вкрай складно, а інколи – навіть неможливо. Цим пояснюється практично повне ігнорування взаємодії арматури з бетоном у розрахункових методиках вітчизняних та зарубіжних норм.

Загалом дослідження зчеплення арматури з бетоном можна умовно розділити за чотирма наступними напрямками:

- виявлення основних параметрів, що найбільше впливають на міцність зчеплення арматури з бетоном;
- вивчення закономірностей та особливостей взаємних зміщень бетону і арматури;
- створення та розбудова технічної теорії зчеплення арматури з бетоном;

- моделювання зчеплення арматури з бетоном за допомогою числових методів.

Відомі на сьогодні результати досліджень, спрямовані на моделювання взаємодії арматури з бетоном суттєво відрізняються між собою. Зазначена ситуація обумовлена результатами експериментальних досліджень, що мають відмінні: форми та розміри зразків за різних видів та класів бетону і арматури; схеми армування та умови ущільнення бетону, а отже і характер формування контактного шару; схеми та умови випробування дослідних зразків; гіпотези та передумови щодо теоретичних досліджень, тощо [3].

Побудова класифікації моделей зчеплення арматури з бетоном дозволила б не тільки систематизувати самі дослідження, але й певним чином упорядкувати їх результати. Зазначені моделі можна було б умовно розділити за багатьма ознаками, основні серед яких:

- масштаб та структура моделі;
- подання (представлення) бетону та арматури в їх контактній взаємодії;
- схеми випробувань та характер руйнування бетону на межі контакту «бетон-арматура»;
- математичні рішення схем взаємодії арматури з бетоном.

Особливої уваги заслуговує остання ознака, за якою всі моделі зчеплення арматури з бетоном слід умовно розділити на аналітичні та числові. За характером математичних залежностей моделі зчеплення можна умовно розділити на: лінійні (пружні), нелінійні (пружнопластичні), диференційовані і варіаційні.

Найбільш широке застосування в дослідженнях зчеплення арматури з бетоном знайшли пружнопластичні моделі. Нині їх представляють переважно степеневими, поліноміальними, показниковими і експоненційними, дробовими, логарифмічними, тригонометричними залежностями, а найчастіше сплайн-функціями.

Диференційовані моделі, на відміну від інших, враховують змінність діаграм зчеплення арматури з бетоном уздовж ділянки їх контакту в перерізах

залізобетонного елемента. Однак оцінити зміну напружено-деформованого стану контактної взаємодії арматури з бетоном за допомогою подібних діаграм в практичних розрахунках ще нікому не вдалося навіть числовими методами.

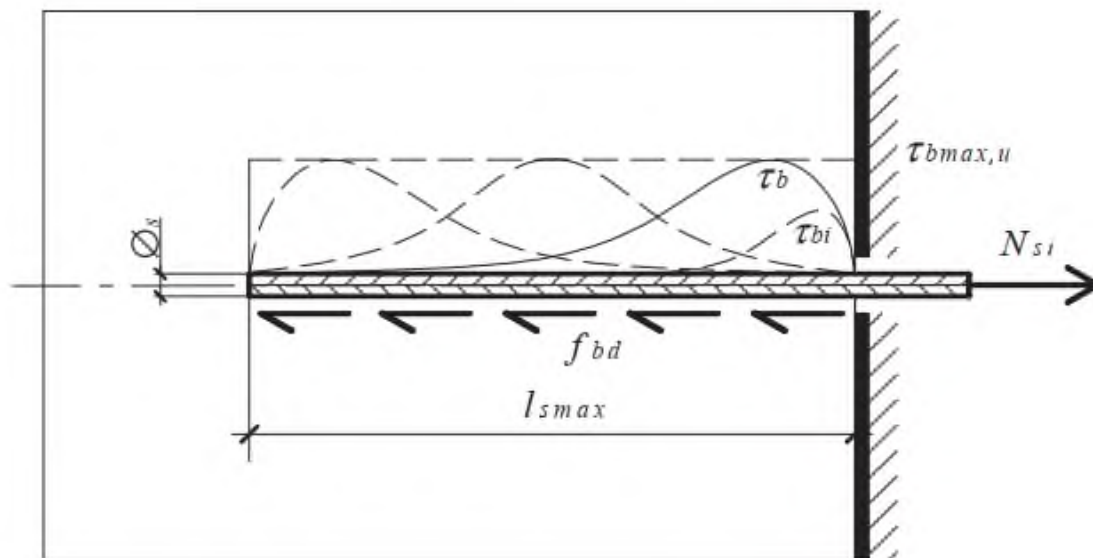


Рисунок 1 – Характер зміни напружень зчеплення по довжині арматурного стержня, який висмикується з бетонного блока

У варіаційних моделях бетон навколо арматури розділяють на три характерні зони, що дозволяє доволі точно моделювати його напружено-деформований стан на основі розв'язку симетрично-осьової об'ємної задачі механіки деформованого твердого тіла. Однак, зважаючи на складність визначення механічних характеристик бетону кожної зони, ці моделі не знайшли практичного застосування навіть у розрахунках за методом скінченних елементів.

У числових моделях дослідження завжди виконуються за допомогою конкретних числових характеристик – скінченних елементів, залежно від вибраної форми рельєфу (профілю) арматури. Контактний шар бетону моделюється, починаючи зі схеми ідеального зчеплення аж до схеми пружнопластичного пошкодженого матеріалу. Розв'язок задач зчеплення арматури з бетоном за наведеними схемами є настільки складним, що може бути виконаний лише за допомогою спеціальних комп'ютерних програм.

Серед останніх найбільше поширення отримали такі програмні комплекси, як ABAQUS, ANSYS, DIANA, NASTRAN та інші.

Згідно основних положень узагальненої моделі зчеплення [3] взаємодію арматури з бетоном рекомендується моделювати за допомогою зусиль зчеплення, оскільки їх граничні значення залишаються незмінними в процесі деформування залізобетонного елемента. Зусилля зчеплення пропонується розраховувати у найпростіший спосіб – за допомогою середніх напружень зчеплення. Функція середніх напружень зчеплення є нелінійною відносно напружень в самій арматурі. Процеси тріщиноутворення в залізобетонних елементах доцільно регламентувати параметрами зчеплення арматури з бетоном, що сприятиме побудові універсальної теорії зчеплення в рамках узагальненої деформаційно-силової моделі опору залізобетонних елементів і конструкцій силовим впливам.

#### **Список використаних джерел:**

1. Kolchunov V. I. The analytical core model formation of the nonlinear problem bond armature with concrete / V. I. Kolchunov, I. A. Yakovenko, E. A. Dmitrenko // Збірник наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – Вип. 2(47). – С. 125–132.
2. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically stretched reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences, Vol. 30, Issue 3, 424-438 p. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.3.36>
3. Ромашко О.В. Узагальнена модель зчеплення арматури з бетоном / В.О. Ромашко, В.М. Ромашко, О.Д. Журавський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - 2019. - Вип. 37. - С. 214-221