

УДК 624.012.045

д.т.н, проф. Колчунов В.І., Омельченко К.В., Тугай Т.В.,
Національний авіаційний університет, м. Київ,
к.т.н., с.н.с. Мар'єнков М.Г.,

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПЛОСКОНАПРУЖЕНИХ І СТРИЖНЕВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СКЛАДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВАХ

Розглянуто альтернативний метод одиничних вертикальних смужок, що зводиться до схеми складеного стрижня для визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках з похилими тріщинами та запропонований новий варіант моделювання похилих тріщин при сейсмічних впливах.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, похилі тріщини, складений стрижень, жорсткість, сейсмічний вплив.

Актуальність теми. Широке застосування залізобетонних конструкцій у різних, в останні роки все більш складних і відповідальних спорудах, викликає нагальну потребу у розвитку теорії і вдосконалення методів їх розрахунку.

Сьогодні загострено увагу на дослідженнях напружено-деформованого стану залізобетону як несучільного матеріалу після утворення тріщин і необхідності побудови нових рівнянь тріщиноутворення, що доповнюють статичні, геометричні та фізичні рівняння механіки залізобетону. Важливим при цьому є також урахування відносних взаємних зміщень арматури і бетону на ділянках між тріщинами і ефекту, пов'язаного з порушенням суцільності залізобетону.

Матеріал дослідження. Стосовно до оцінки сейсмостійкості будівель і споруд, що проектуються і експлуатуються, з урахуванням їхнього фактичного технічного стану, жорсткості плосконапружених стінових і стрижневих залізобетонних конструкцій, з урахуванням тріщин, або тих, які приймаються за схемою «конверта», допускається визначати методом одиничних смужок з використанням теорії складених стрижнів А.Р. Ржаніцина [1].

На конструкцію, що розраховується, наноситься реальна схема тріщин (рис. 1). За допомогою методу перерізів вирізається вертикальна окрема смужка (рис. 1 і 2), яка розраховується за схемою складеного стрижня з монолітними швами при відсутності тріщин і податливими швами – за наявності тріщин у конструкції. Визначається робота W_1 зусиль виділеної вертикальної одиничної смужки (при використанні методу кінцевих елементів одиничний розмір

замінюється на значення Δ_x) без накладення схеми тріщин, а також визначається робота W_2 зусиль тієї ж одиничної смужки з урахуванням виявленої схеми тріщин від сейсмічного впливу (або схеми «конверту»).

Кількість вертикальних смужок може бути повною (в межах всієї конструкції) або неповною – достатньо використовувати три-шість вертикальних смуг з проміжні значення b визначається за лінійного інтер

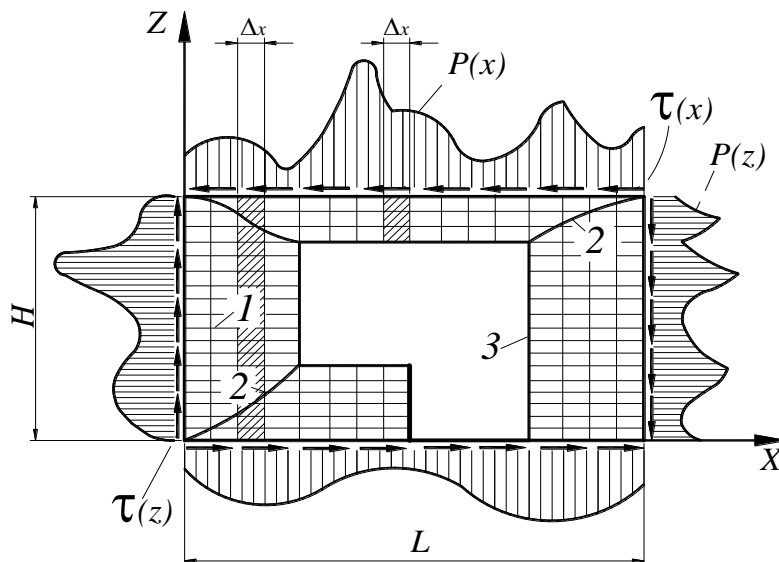


Рис. 1. До розрахунку плосконапружених залізобетонних конструкцій з віконними та дверними прорізами на сейсмічні впливи:

1 – межі горизонтальних смуг; 2 – тріщини; 3 – проріз

Методика [2] дозволяє визначати жорсткості конструкцій і поверхів будівель і споруд, складених із залізобетонних плосконапружених і стрижневих конструкцій з тріщинами, за двома варіантами.

Перший варіант виконується без зміни заданого на початку порядку і номерів плоских кінцевих елементів (КЕ), на які розбивається плосконапружена конструкція для розрахунку за МКЕ. При цьому, в КЕ, прилеглих до неявних тріщин (схема тріщин проектується неявно), зменшується їхня товщина, яка визначається за умови рівності робіт у спеціально виділених одиничних смужках за моделлю складеного стрижня, а для стрижневих конструкцій з використанням моделі еквівалентної плосконапруженої конструкції (рис. 3).

Алгоритм розрахунку передбачає наявність ітераційного процесу, регульованого досягнутою точністю товщини зазначених КЕ, що прилягає до неявних тріщин, і динамічних характеристик будівлі і споруди.

Для практичних розрахунків допускається визначати товщину КЕ, прилеглих до неявних тріщин, з використанням різниці робіт тільки двох КЕ, прилеглих до горизонтальних і вертикальних відрізків модельованої неявної тріщини.

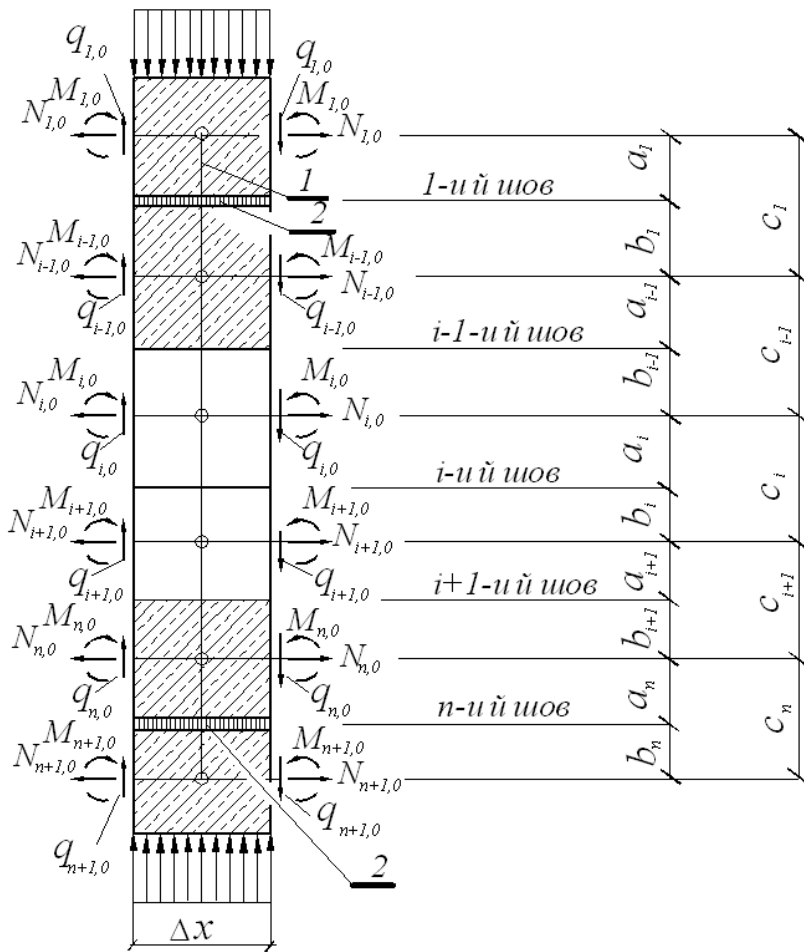


Рис. 2. Вертикальна окрема смужка, розглянута за схемою складеного стрижня:

1 – поперечні зв'язки; 2 – тріщини

Переміщення вузлів визначаються з розрахунку двоелементної консольної моделі з доданими у вузлах навантаженнями. При цьому опорне закріплення двох вузлів консолі (шарнірно рухливе і шарнірно нерухоме), в цілях усереднення, необхідно задавати як ліворуч так і праворуч.

У місцях переходу горизонтальної ділянки модельованих тріщини до вертикальної, роботи кутових плоских КЕ визначаються шляхом усереднення. В результаті нова товщина КЕ, прилеглих до тріщини, визначається за формулою:

$$b_i = \frac{W_1}{W_i} \cdot b_1. \quad (1)$$

Другий варіант визначає жорсткості будівель і споруд з плоско напруженими і стрижневими конструкціями з використанням спеціального прийому моделювання явних тріщин-щілин, які розташовуються по діагоналях конструкції (рис. 3). При цьому арматурні стрижні плосконапружених

Робота кожної пари КЕ обчислюється двічі з використанням двоелементної консольної моделі: монолітне з'єднання двох КЕ (W₁) і після їх розшивки (W₂) (при цьому польове армування замінюється двома стрижневими КЕ, розташованими по краях плоских КЕ).

Усереднені зусилля у вузлах в горизонтальному і вертикальному напрямках двоелементної консольної моделі визначаються з нелінійного розрахунку всієї плосконапруженої конструкції. Для цього використовуються напруження в кінцевих елементах бетону та арматури.

конструкцій моделюються додатковими КЕ, а також враховується розкриття і закриття тріщин з урахуванням наявних можливостей обчислювальних комплексів на основі МКЕ.

Жорсткість стрижневих конструкцій на ділянках з похилими тріщинами, у тому числі з тріщинами, що перетинаються (характерними при сейсмічних впливах для опорних ділянок і вузлів сполучень), визначається за допомогою спеціальної розрахункової моделі плосконапружених конструкцій (див. рис. 3).

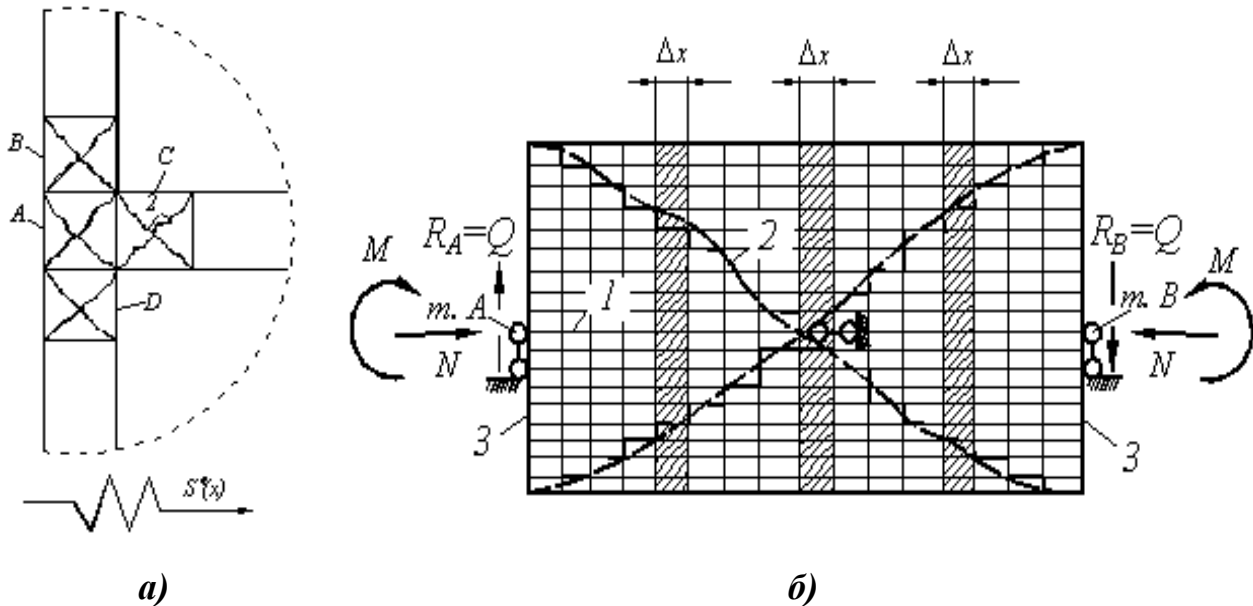


Рис. 3. До розрахунку плосконапружених та стрижневих залізобетонних конструкцій на сейсмічні впливи: *a* – виділення характерних зон і схем тріщин; *б* – розрахункова модель для уточнення жорсткості виділених зон; 1 – межі горизонтальних смужок; 2 – тріщини; 3 – абсолютно жорсткі торцеві вставки

Жорсткість зазначених ділянок (смуг) замінюється еквівалентною жорсткістю

$$B(\lambda) = \frac{M^2 \cdot \Delta x}{2 \cdot W_3}, \tag{2}$$

де W_3 – робота зусиль виділеної ділянки (смуги).

Ітераційний процес закінчується при досягненні заданої похибки $B_i(\lambda)$.

Для практичних розрахунків також допускається визначати товщину КЕ, прилеглих до тріщин, з використанням різниці робіт тільки двох КЕ, прилеглих до горизонтальних і вертикальних відрізків модельованої тріщини. На ділянках з нормальними тріщинами жорсткість стрижневих залізобетонних конструкцій визначається з використанням значення згинального моменту M і радіус кривизни ρ , за нормативною методикою відповідно до ДБН В.2.6–98 для відповідної розглянутої i -ої зони (ділянку рекомендується поділити на 4–6 зон):

$$B_i(\lambda) = M_i \cdot \rho_i. \tag{3}$$

Одним із проблемних питань до теперішнього часу залишається також розрахунок залізобетонних конструкцій за похилими перерізами. І хоча вже в

останні роки, у вирішенні цієї проблеми отримані певні досягнення, було визначено новий напрямок, все ж таки багато з виникаючих тут питань залишаються не вивченими. Не знайшли ще належного відображення дослідження впливу основних факторів на опір залізобетонних конструкцій за похилими перерізами. Зокрема, не досить повно враховується вплив місцевого напружено-деформованого стану в бетоні, прилеглому до арматури в зонах перерізу похилих тріщин, не достатньо розроблена практична методика визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках з похилими тріщинами.

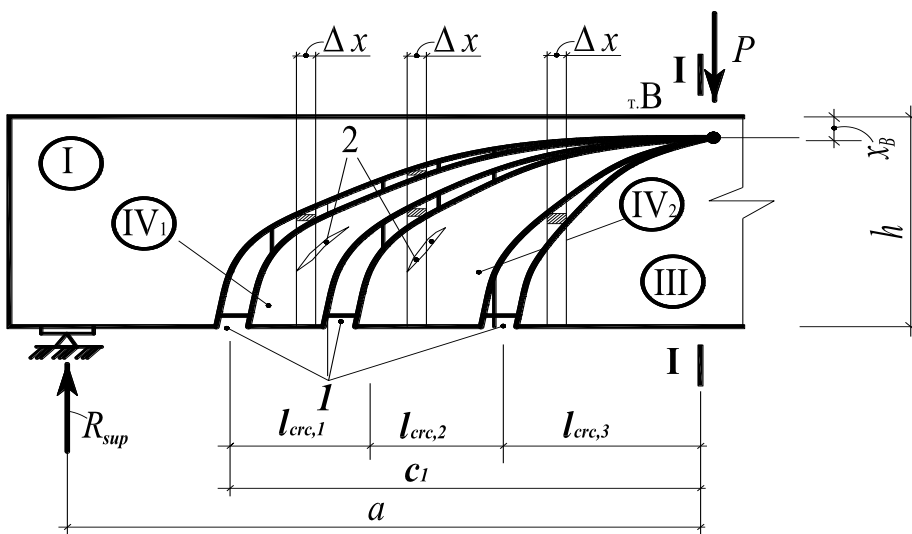


Рис. 4. Модель формування похилих тріщин: 1 – тріщини першого роду; 2 – тріщини другого роду

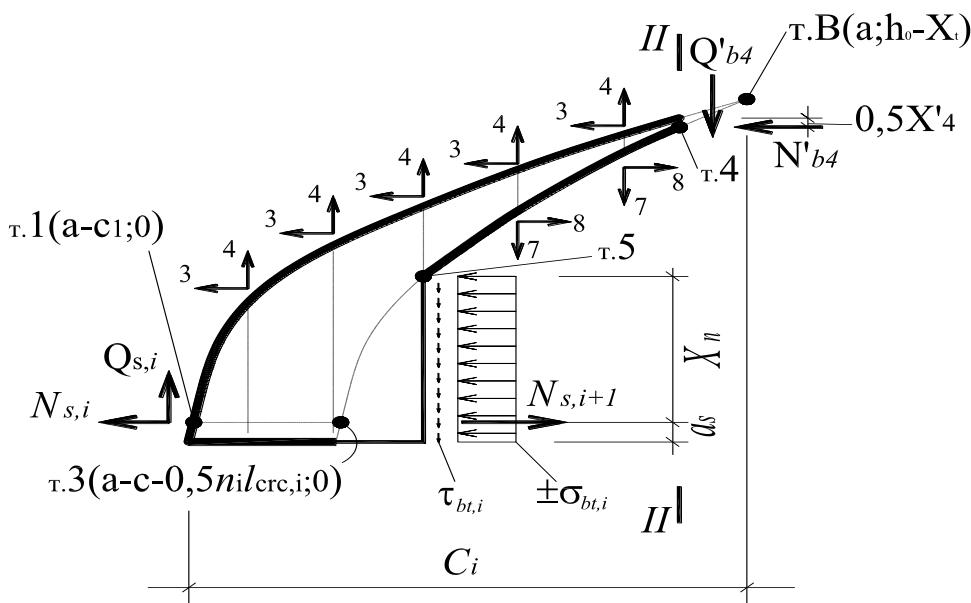


Рис. 5. Розрахункова схема для визначення параметрів при розвитку тріщини другого роду в блоці IVi: 3,4,7,8 – $q_{sw,1}$, $q_{sw,2}$, $q_{sw,5}$, $q_{sw,6}$, відповідно

В роботі [3] запропонована модель формування похилих тріщин, що дозволяє об'єднати розрахункові схеми похилих тріщин, які починаються з розтягнутої зони залізобетонної конструкції і розвиваються до джерела навантаження, і для похилих тріщин, які утворюються в околиці нейтральної вісі залізобетонної конструкції і розвиваються як у бік стиснутої, так і

розтягнутої його зони, що помітно спрощує розрахунковий апарат.

Запропоновано групи рівнянь, які дозволяють визначити невідомі параметри розрахункових арок (рис. 4, 5), що входять у розглянуту модель, в тому числі з урахуванням впливу місцевого напружено-деформованого стану в бетоні, що помітно уточнює практичну методику визначення ширини розкриття і жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках з похилими тріщинами.

Стосовно до розрахунку жорсткості вирізається вертикальна окрема смужка (рис. 1 і 2), яка розраховується за схемою складеного стрижня з податливими швами у місцях перетинання їх похилими тріщинами (в межах перетинання смужки тріщини розглядаються як горизонтальні)– рис.4.

Таким чином, спираючись на запропонований в роботі новий варіант моделювання формування похилих тріщин і арок з їхніми розрахунковими параметрами, для визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках з похилими тріщинами, також доцільно використовувати метод одиничних вертикальних смужок, який зводиться до схеми складеного стрижня.

Список використаних джерел

1. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки / А. Р. Ржаницин. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
2. Колчунов В.И. Метод определения жесткостных характеристик железобетонных конструкций при сейсмических воздействиях / В.И. Колчунов, Н.Г. Марьенков // Будівництво України, вип. 3. – К.: 2008. – С. 24–29.
3. Колчунов В.И. Деформирование железобетонных конструкций при наличии наклонных трещин / В.И. Колчунов, Е.В. Омельченко // Будівництво України, вип. 2. – К.: 2008. — С. 40–43.

Аннотация

Рассмотрен альтернативный метод единичных вертикальных полосок, который сводится к схеме составного стержня для определения жесткости железобетонных конструкций на участках с наклонными трещинами, и предложен новый вариант моделирования наклонных трещин при сейсмических воздействиях.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, наклонные трещины, составной стержень, жесткость, сейсмическое воздействие.

Abstract

It is considered an alternative method of single vertical bars, which reduces to the scheme composite rod to determine the stiffness of reinforced concrete constructions in areas with inclined cracks, and it is proposed a new model of the inclined crack when seismic effects.

Keywords: reinforced concrete constructions, inclined cracks, composite rod, stiffness, seismic impact.