

УДК 624.073

**РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ШПОНКОВИХ СТИКІВ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ
БУДІВЕЛЬ**

**РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ СТЫКОВ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ
ЗДАНИЙ**

**KEYED JOINTS STRENGTH DESIGN OF REINFORCED CONCRETE
ELEMENTS OF FRAME MULTI-STOREY BUILDINGS**

Чурса Ю.В., аспірантка (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Чурса Ю.В., аспірантка (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

Chursa Yu.V., postgraduate (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava)

Виконаний порівняльний розрахунок міцності п'ятишпонкових стиків залізобетонних елементів каркасів багатоповерхових будівель за ДСТУ Б В.2.6 та варіаційним методом на основі теорії пластичності бетону.

Выполнен сравнительный расчет прочности пятишпоночных стыков железобетонных элементов каркасов многоэтажных зданий по ДСТУ В.2.6 и вариационным методом на основе теории пластичности бетона.

The comparative design of five-keyed joints strength of reinforced concrete elements for multi-storey buildings on DSTU B V.2.6 and variational method of concrete plasticity theory has been made.

Ключові слова:

Багатошпонковість, стик, міцність, варіаційний метод, пластичність.

Многошпоночность, стык, прочность, расчет, вариационный метод, пластичность.

Many keyed joints, connection, strength, variational method, plasticity.

Стан питання та задачі дослідження. Стикові з'єднання є важливими конструктивними елементами будівель і споруд, але водночас і слабкими та

небезпечними їх місцями при будь-якому способі зведення. У практиці будівництва досить широко розповсюджені шпонкові з'єднання, котрі сприймають зусилля зсуву та забезпечують спільну роботу конструкцій.

Для сприйняття зрізаючих зусиль, як правило, влаштовуються багатошпонкові стики, утворені за рахунок замонолічування бетонною сумішшю порожнин між торцями елементів.

Розповсюдження шпонкових стиків і обережне ставлення до їх надійності обумовлює необхідність подальшого вивчення. Існуюча нормативна методика [1] розрахунку даних з'єднань не є досконалою, як і більшість запропонованих дослідниками залежностей, які часткові, обмежені умовами конкретного експерименту, не враховують повної сукупності визначальних факторів міцності, а тому не дозволяють оптимізувати конструктивні рішення шпонкових стиків. Вдосконалення методики розрахунку міцності зазначених з'єднань є актуальною задачею.

У Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка розроблена методика розрахунку міцності шпонкових стиків, яка базується на загальній основі – варіаційному методі теорії пластичності бетону [2], розглядає їх характер руйнування та враховує повну сукупність факторів впливу: опори бетону стиску f_{cd} і розтягу f_{ctd} ; параметри шпонок: l_k (глибину), h_k (висоту), b_k (ширину) й їх співвідношення l_k/h_k ; форму шпонкового профілю; кут нахилу опорної поверхні ψ (прямокутні, трапецієподібні і трикутні шпонки); рівень обтиснення σ/f_{cd} ; армування ρ_{sw} ; кількість шпонок n_k [3].

Метою статті є висвітлення результатів розрахунку міцності шпонкових стиків залізобетонних елементів каркасів багатоповерхових будівель варіаційним методом на основі теорії пластичності бетону та їх порівняння з результатами, отриманими за ДСТУ Б В.2.6.

Виклад основного матеріалу.

Розглянемо два приклади розрахунку стиків залізобетонних елементів різних конструктивних систем.

У МІТЕП Держбуду СРСР був розроблений збірний вузол з'єднання ригелів з колоною для багатоповерхового каркаса житлових і громадських будівель. Конструкція вузла передбачала передачу поперечної сили в місці примикання ригеля до колони за допомогою шпонок. Застосування ригеля таврового профілю призводить до різної площі поперечного перерізу шпонок за висотою з'єднання.

За результатами випробування зазначеного вузла [4] рекомендовано приймати при розрахунках п'ять шпонок, на відміну від норм [5], які рекомендують три.

Вихідними даними для розрахунку п'ятишпонкового стику з трикутним профілем слугують (рис. 1): геометричні характеристики: товщина (для двох верхніх шпонок $b_k = 200$ мм, для трьох нижніх $b_k = 400$ мм); висота

$h_k = 40 \text{ мм}$, глибина шпонки $l_k = 20 \text{ мм}$; кут нахилу опорної поверхні $\psi = 45^\circ$; ширина шва $t_j = 120 \text{ мм}$; замонолічування здійснюється бетоном, для якого $f_{cd} = 14 \text{ МПа}$, $f_{ctd} = 1,2 \text{ МПа}$ при $\gamma_{c2} = 0,9$.

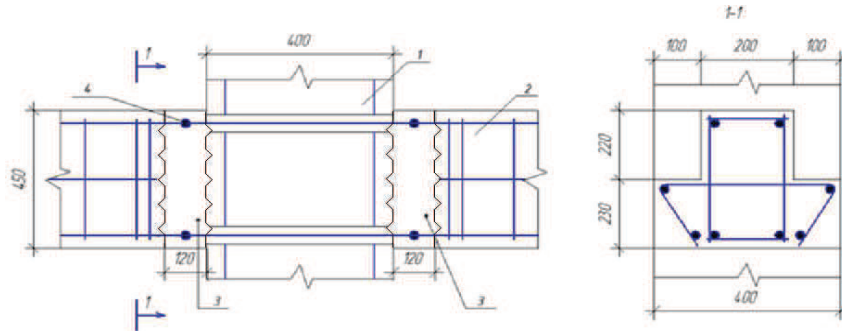


Рис. 1. Вузол сполучення ригелів з колоною, запропонований МІТЕП:
1 – колона; 2 – ригель; 3 – шпонковий стик; 4 – арматурні стержні

При визначенні розрахункового опору зсуву на контактні стика ригеля з колоною за нормативною методикою [1] отримуємо значення $V_{sh,c} = 38,4 \text{ кН}$.

При розв'язанні задачі варіаційним методом на основі теорії пластичності бетону розглядаються можливі випадки комбінації руйнування стика «за швом» та «за шпонкою» (рис. 2), для кожного із яких підраховується граничне навантаження (кН).

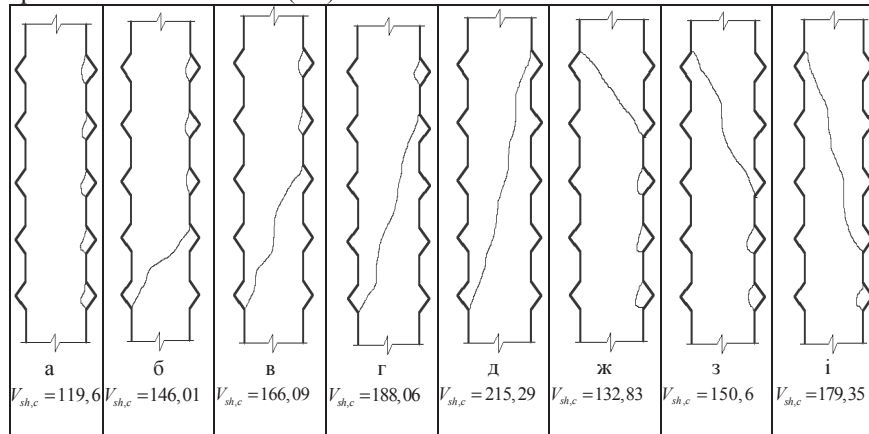


Рис. 2. Можливі випадки руйнування п'ятишпонкового стика:

а – за п'ятьма шпонками; *б, ж* – за трьома шпонками і швом у межах двох шпонок; *в, з* – за двома шпонками і швом у межах трьох шпонок; *г, і* – за шпонкою і швом у межах чотирьох шпонок; *д* – за швом у межах п'яти шпонок

За розрахункове приймаємо мінімальне із отриманих значень, в нашому прикладі реалізується випадок *а* (рис. 2), для якого $V_{sh,c} = 119,25 \text{ кН}$.

Шпонкові стики використовуються для утворення комплексних колон конструктивної системи «РАМПА» [6]. Стійки рам, складених колон, з'єднані між собою за висотою жорстко шляхом замонолічування порожнин між ними (рис. 3).

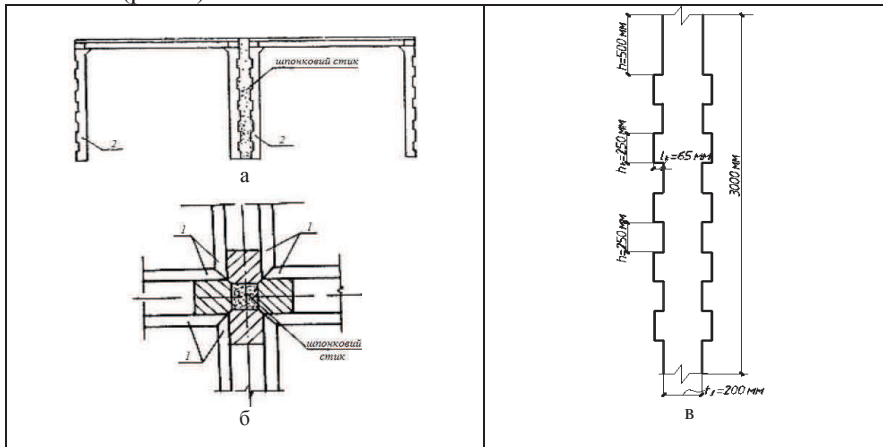


Рис. 3. Шпонкове з'єднання стійок рам при утворенні колони:
 а – загальний вигляд, б – складений поперечний переріз колони,
 в – геометрія стика; 1 – рами; 2 – стійки рам

Для розрахунку міцності з'єднання потрібні такі дані: геометрія стика з прямокутними шпонками: товщина $b_k = 200 \text{ мм}$, висота $h_k = 3000/12 = 250 \text{ мм}$ (приймаємо, що висота шпонки дорівнює висоті міжшпонкового простору), глибина шпонки $l_k = 65 \text{ мм}$; ширина шва $t_j = 200 \text{ мм}$; бетон замонолічування класу C25/30: $f_{cd} = 15,3 \text{ МПа}$, $f_{cd} = 1,08 \text{ МПа}$ при $\gamma_{c2} = 0,9$.

За нормами [1] розрахунковий опір зсуву на контакті стика стійок рам, при об'єднанні їх у колону, дорівнює $V_{sh,c} = 135 \text{ кН}$.

Можливі випадки руйнування стика згідно запропонованої методики та величини граничного навантаження для кожного з них представлені на рис. 4.

Мінімальна міцність п'ятишпонкового з'єднання відповідає випадку б (рис. 4): $V_{sh,c} = 686,19 \text{ кН}$.

Значення міцності, розрахованої за варіаційним методом, приблизно в п'ять разів більше порівняно з нормативною, що свідчить про недосконалість норм і призведе до значних перевитрат матеріалів при їх використанні.

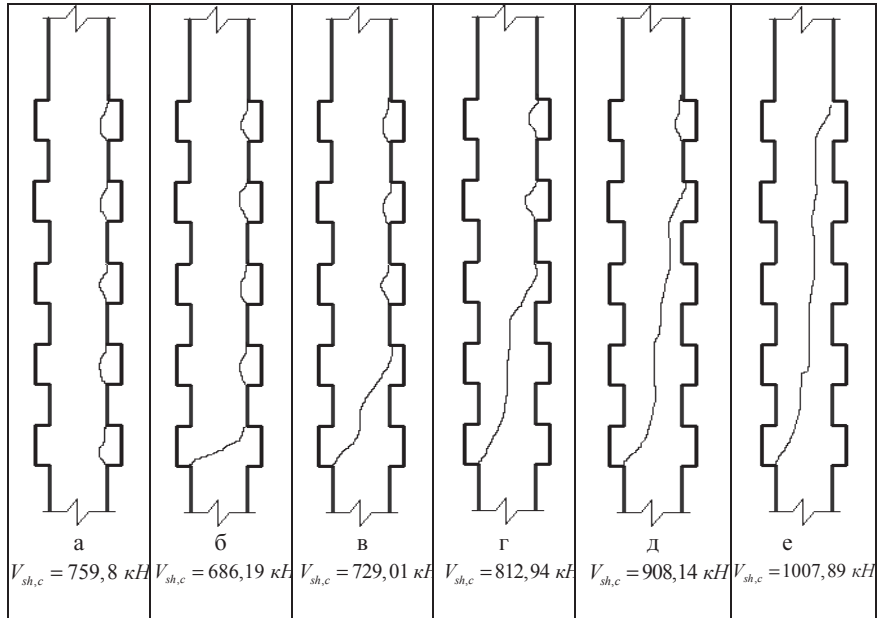


Рис. 4. Можливі випадки руйнування п'ятишпонкового стику:

а – за п'ятьма шпонками; б – за чотирма шпонками і швом у межах однієї шпонки; в – за трьома шпонками і швом у межах двох шпонок; г – за двома шпонками і швом у межах трьох шпонок; д – за шпонкою і швом у межах чотирьох шпонок; е – за швом у межах п'яти шпонок

За варіаційним методом для стику колони з ригелем та з'єднання стійок в колону граничне значення міцності відповідає різним випадкам руйнування, це пояснюється тим, що реалізація того чи іншого випадку залежить від сукупності окремих факторів [7, 8]: співвідношення глибини до висоти шпонки l_k/h_k та ширини шва до висоти t_j/h_k . У першому стикі визначальну роль зіграв фактор $t_j/h_k = 3$, при даному співвідношенні не реалізується зріз шва у межах однієї шпонки.

Висновок: варіаційний метод на основі теорії пластичності бетону пропонується для застосування як загальний та більш точний, порівняно із нормативними, такий що враховує характер руйнування й максимальну кількість факторів впливу.

1. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Основні положення: ДСТУ Б В.2.6. – К.: НДІБК, 2010. – 156 с. (Державний стандарт України). 2. Митрофанов, В. П. Вариационный метод в теории идеальной пластичности бетона / В. П. Митрофанов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – №6. – С. 23 – 28. 3. Довженко, О.О. Методика розрахунку шпонкових з'єднань залізобетонних елементів / О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Ю.В. Чурса // Вісник національного університету «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва».

– Львів, 2013. – №755 – С. 111 – 117. 4. Коровин, Н. Н. Экспериментальное исследование шпоночных сопряжений ригелей с колонной / Н. Н. Коровин, В. С. Еськов // Бетон и железобетон. – 1965. – №3. – С. 40 – 43. 5. Пособие по проектированию жилых зданий / ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). – М.: Стройиздат, 1989. – Вып. 3. – 304 с. 6. Каркасно-панельное здание «РАМПА» 2000398 МПК-8 Е04В1/18. / Шмуклер В.С.; патентообладатель – Шмуклер В.С. – Оpubл. 15.10.1999, Бюл. № 22. – 10 с. : ил. 7. Рожко, В.Н. Міцність шпонокових з'єднань бетонних і залізобетонних елементів: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Рожко В.Н.; Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава, 2008. – 182 с. 8. Юрко, І.А. Міцність шпонокових стиків із фібробетону на синтетичних волокнах: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / І.А. Юрко. – Полтава, 2011. – 183 с.

УДК 699.841

**МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ
НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
НЕРАВНОМЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ НА
СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**PROCEDURE OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF BASE
DIFFERENTIAL SETTLEMENTS INFLUENCE ON BEARING
STRUCTURES EARTHQUAKE RESISTANCE**

Хохлін Д.О., к.т.н., с.н.с., Попок К.В. (Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ)

Хохлин Д.А., к.т.н., с.н.с., Попок К.В. (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

Khokhlin D.O., Ph.D., senior researcher Popok K.V. (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

Сформульовані завдання та представлена відповідна методика експериментальних досліджень впливу напружень і пошкоджень від значних нерівномірних вертикальних деформацій основи та перекосів на сейсмостійкість несучих кам'яних конструкцій.