

УДК 624.046.3:624.078.34

*О.О. Довженко, к.т.н., доцент  
В.В. Погрібний, к.т.н., доцент  
Ю.В. Чурса, магістр  
А.Г. Гриценко, магістр*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

### **ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ ЗБІРНИХ БЕЗБАЛКОВИХ ПЕРЕКРИТТІВ: КАПІТЕЛЬНИХ ТА БЕЗКАПІТЕЛЬНИХ СИСТЕМИ «КУБ-2,5»**

*Розглянуто збірні безбалкові перекриття, виконано розрахунок стиків капітелі з колоною та надколоною плити з колоною варіаційним методом на основі теорії пластичності бетону.*

**Ключові слова:** *безбалкове перекриття, шпонка, стик, міцність.*

УДК 624.046.3:624.078.34

*О.А. Довженко, к.т.н., доцент  
В.В. Погребной, к.т.н., доцент  
Ю.В. Чурса, магістр  
А.Г. Гриценко, магістр*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

### **ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СБОРНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ: КАПИТЕЛЬНЫХ И БЕСКАПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМЫ «КУБ-2,5»**

*Рассмотрены сборные безбалочные перекрытия, выполнен расчет стыков капители с колонной и надколоной плиты с колонной вариационным методом на основе теории пластичности бетона.*

**Ключевые слова:** *безбалочное перекрытие, шпонка, стык, прочность.*

UDC 624.046.3:624.078.34

*O.A.Dovzhenko, PhD, Associate Professor  
V.V.Pogrebnoy, PhD, Associate Professor  
Yu.V.Chursa, master of science  
A.G. Gritsenko, master of science*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

### **THE JOINTS OF THE KEY OF COLLAPSIBLE GIRDERLESS CEILING: CAPITELS AND WITHOUT CAPITELS OF SYSTEM «CUBE-2,5»**

*Combined collapsible girderless ceiling are considered, calculation of joints of a capital from a columned and plate with a column a variation method on the basis of the theory of plasticity of concrete is executed.*

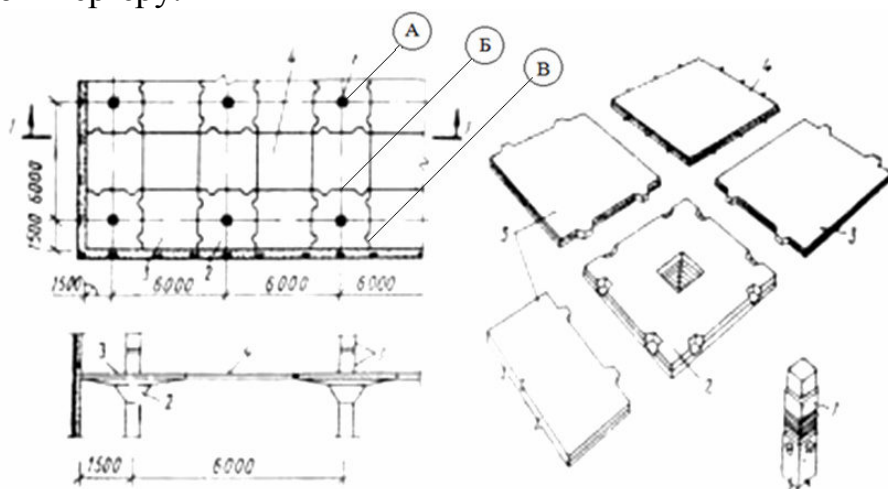
**Keywords:** *girderless ceiling, key, joint, strength.*

**Вступ.** Безбалкові перекриття застосовують у промисловому та цивільному будівництві при корисних навантаженнях  $5-30 \text{ кН/м}^2$ . Їхня перевага порівняно з балковими полягає у відсутності ребер, що поліпшує освітленість та інтер'єр приміщень, полегшує прокладання комунікацій, спрощує влаштування теплоізоляції. Менша конструктивна висота перекриття дає можливість зниження загальної висоти будівлі та скорочення витрат матеріалів на стіни.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Патент на безбалкові перекриття, котрі виконувалися над колонами з розвинутою верхньою частиною – капітеллю, вперше був зареєстрований у США О. Норкросом у 1902 р. У 1908 – 1909 рр. А. Ф. Лолейт запропонував конструкцію «грибоподібного перекриття», а в 1913 р. у доповіді Російському товариству випробування матеріалів у Москві «До питання про теорію розрахунку безбалкових залізобетонних перекриттів» продемонстрував фото новобудов і розповів про принципи їх роботи та розрахунку [1]. У 1910 р. конструкції такого типу були застосовані у Швейцарії.

Простота й однорідність конструктивних елементів безбалкових перекриттів найбільше відповідають вимогам серійного виготовлення. При корисному навантаженні  $10 \text{ кН/м}^2$  і більше таке перекриття економніше від балкового. Його монтують із: капітелей, міжколонних та пролітних плит (рис. 1). Улаштування капітелей у верхній частині колон викликане необхідністю: створення достатньої жорсткості з'єднання плити з колоною, забезпечення міцності плити на продавлювання за периметром капітелі, зменшення розрахункового прольоту й більш рівномірного розподілу зусиль за її шириною.

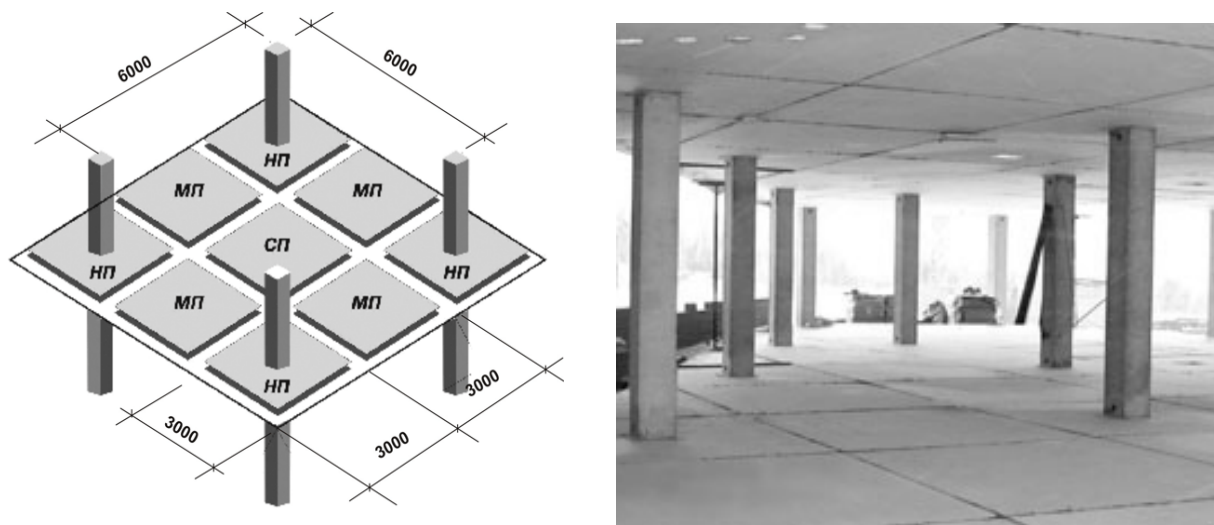
У житлових будівлях такі конструкції не отримали розповсюдження, оскільки капітель ускладнює планування поверхів та облаштування сучасного інтер'єру.



**Рис. 1. Збірне безбалкове капітельне перекриття:  
1 – колони; 2 – капітелі; 3 – міжколонні плити; 4 – пролітні плити  
(конструктивне рішення вузлів А, Б, В (див. рис. 3))**

Розширені оголовки колон уперше було виключено з конструкції Д. Ді Стасіо у 1940 р. Для того щоб відрізнити плити перекриття з безкапітельними колонами від плит з капітельними колонами (*flat slab*), їх було названо *flate plate*. До такого типу належить перекриття конструктивної системи «КУБ», котра виникла в 1967 р., зазнала багато модифікацій і на сьогодні пропонується для застосування під доступне житло в Україні [2].

Каркас цієї системи складається з багатоповерхових колон без виступаючих частин та плит перекриття, котрі у свою чергу поділяються на надколонні, міжколонні та пролітні (рис. 2).



**Рис. 2. Конструктивна безкапітельна система «КУБ-2,5»:**

**НП – надколонна плита; МП – міжколонна плита;**

**СП – пролітна плита**

Найбільш небезпечними місцями будівлі залишаються стики окремих залізобетонних елементів. Серед них найкраще сприймають зусилля зсуву шпонкові з'єднання, котрі широко використовуються в безбалкових перекриттях.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Існуюча нормативна методика розрахунку шпонкових стиків [3] базується на емпіричній основі. Більшість запропонованих дослідниками залежностей мають вузьку сферу застосування, обмежені умовами конкретного експерименту, не враховують повної сукупності визначальних факторів міцності та приводять до суттєвих розбіжностей. На кафедрі залізобетонних і кам'яних конструкцій та опору матеріалів ПолтНТУ на основі теорії пластичності бетону розроблено варіаційний метод розрахунку таких стиків, який є загальним, достатньо точним і простим. Він дозволяє розраховувати міцність шпонкових з'єднань при зрізі з урахуванням сукупності визначальних факторів і пройшов широку апробацію [4 – 7].

**Метою статті** є викладення методики та результатів розрахунку шпонкових стиків безбалкових перекриттів.

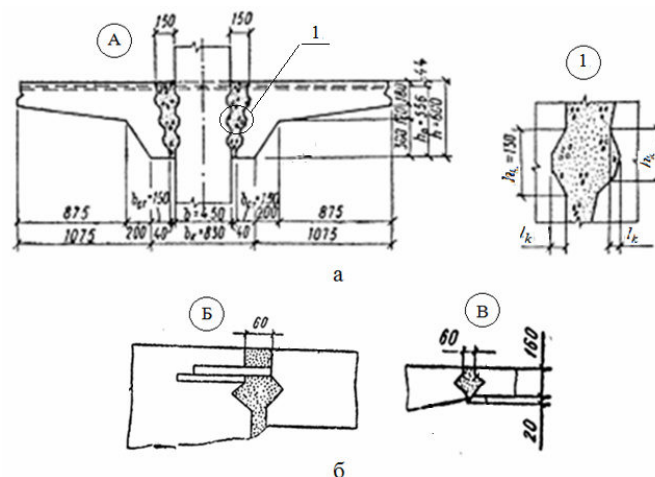
**Основний матеріал і результати.** У капітельних перекриттях у місці з'єднання колони з капітеллю для сприйняття зрізуючих зусиль застосовуються шпонки, котрі утворюються шляхом замонолічування проміжку між елементами (рис. 3, а).

Тришпонковий стик трапецієподібного профілю проектується жорстким, здатним сприймати згинальні моменти та поперечні сили. При його розрахунку треба мати на увазі, що згинальний момент, котрий виникає у стикі, викликає зусилля обтискування бетону замонолічування в межах нижніх шпонок. Крім цього, позитивно впливає наявність капітелі, яка створює ефект обойми.

Розглядається симетричне та несиметричне навантаження. При останньому виникає поворот, котрий значно погіршує умови роботи стикі (суттєво збільшується зсувне зусилля).

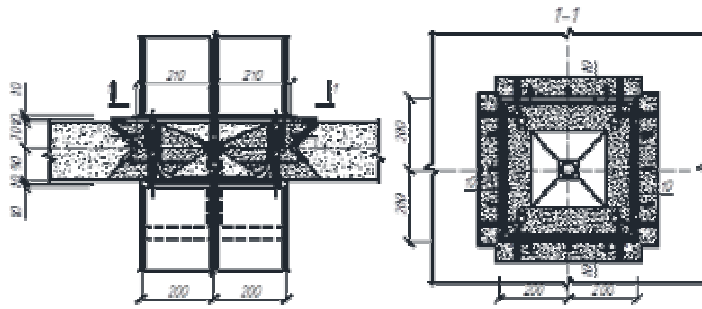
У перекриттях передбачаються також шпонкові з'єднання міжколонних плит з капітелями й плит між собою.

Згідно з нормами [8] ширина шпонкових швів повинна складати знизу не менше 20 мм при елементах висотою до 250 мм і не менше 30 мм при елементах більшої висоти. Ширину швів зверху рекомендується приймати не меншими ніж 50 мм в елементах висотою до 250 мм, і не меншими ніж 100 мм при більшій висоті.



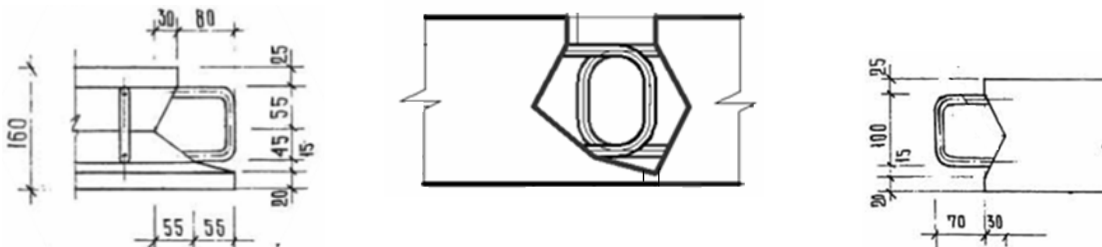
**Рис. 3. Стик колони з капітеллю (а) (вузол А) та вузли Б, В (див. рис. 1) з'єднання капітелі з міжколонними плитами (б) в безбалкових капітельних перекриттях**

Надколонна плита перекриття системи «КУБ-2,5» жорстко з'єднується з колоною за допомогою зварювання обойми панелі з робочою арматурою колони. Проміжки між колоною й обоймою заповнюються високоміцним дрібнозернистим бетоном, при цьому утворюється шпонка (рис. 4).



**Рис. 4. Стик надколонної плити з колоною в безбалкових безкапітельних перекриттях**

Окремі плити з'єднані між собою стиком «Передерія» (рис. 5).

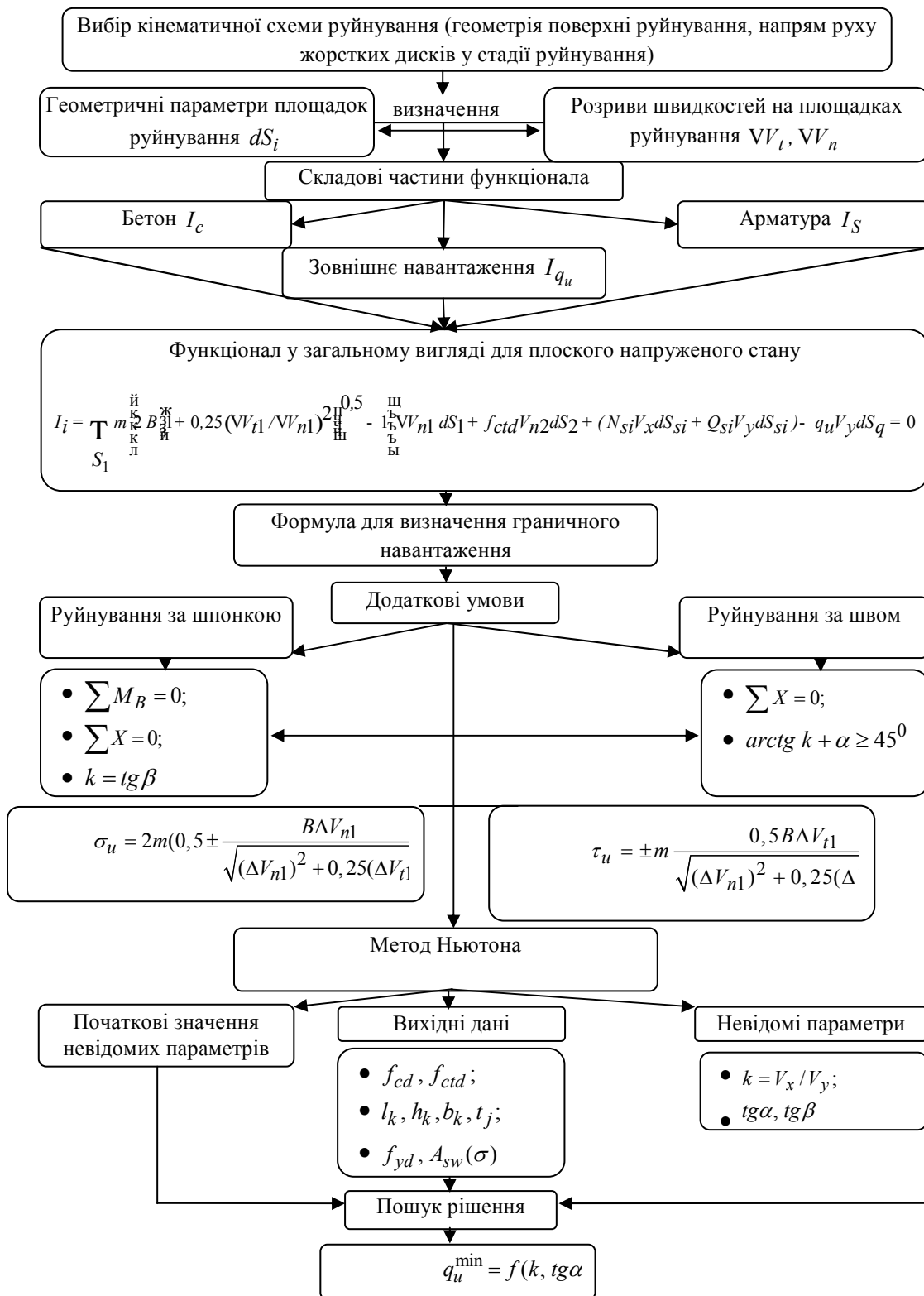


**Рис. 5. Стик «Передерія» для з'єднання між собою окремих плит перекриття системи «КУБ-2,5»**

Для розрахунку одношпонкових стиків запропоновано алгоритм, наведений на рис. 6. За ним розраховують стики системи «КУБ-2,5», капітелі з колоною, міжколонної плити з капітеллю та стики плит між собою в капітельних безбалкових перекриттях.

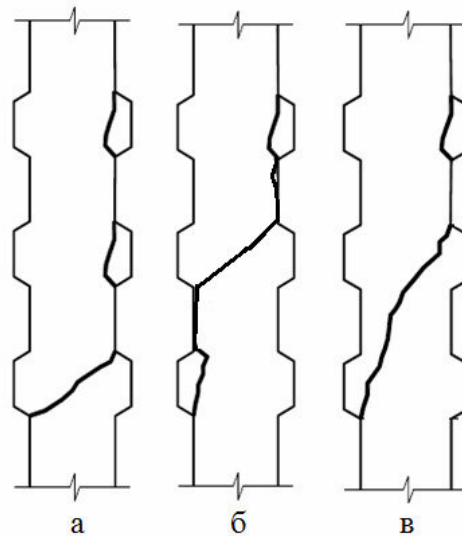
Для тришпонкових стиків розмежовано такі випадки руйнування (за умови, що висота шпонок дорівнює міжшпонковому простору): при  $t_j/h_k \leq 0,3$ : у разі  $0,25 \leq l_k/h_k < 0,35$  – руйнування «за швом», при  $0,35 \leq l_k/h_k \leq 0,5$  – руйнування «за шпонками»; за виконання умов  $0,3 < t_j/h_k < 3,0$  і  $0,25 \leq l_k/h_k \leq 0,5$  реалізується змішаний варіант руйнування за шпонками та швом (за розрахункове приймається мінімальне значення граничного навантаження); коли  $t_j/h_k \geq 0,3$ , руйнується шов [7].

Розрахунок з'єднання капітелі з колоною при геометричних параметрах  $l_k = 3 \text{ см}$ ,  $h_k = 13 \text{ см}$ ,  $t_j = 9,5 \text{ см}$ ;  $l_k/h_k = 3/13 = 0,25$ ;  $t_j/h_k = 9,5/13 = 0,73$  та опорах бетону стиску  $f_{cd} = 11,5 \text{ МПа}$  і розтягу  $f_{ctd} = 0,9 \text{ МПа}$  дає можливість урахувати можливі схеми руйнування: зріз двох шпонок і шва в межах третьої; зріз однієї шпонки і шва в межах двох інших, а також співвідношення розмірів шпонок (до речі, прийнято оптимальне відношення  $l_k/h_k = 0,25$ , котре призводить до максимальної міцності), кут нахилу опорних поверхонь; обтиснення нижньої частини стику.



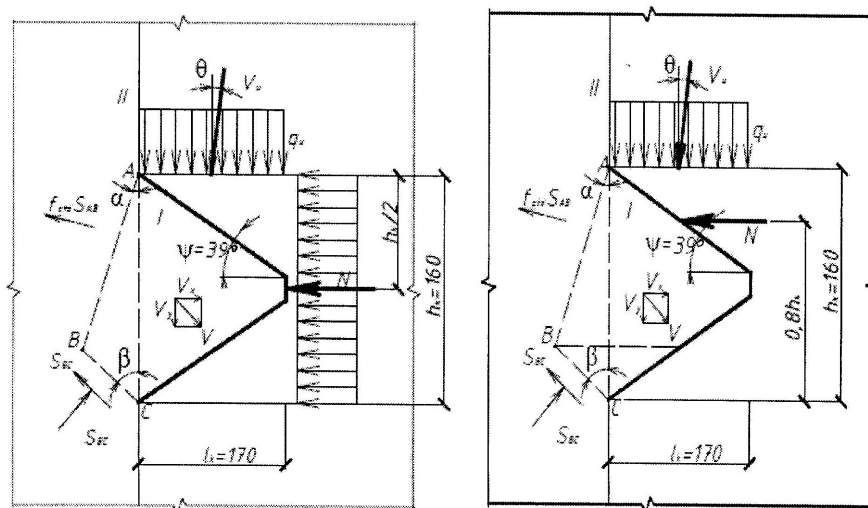
**Рис. 6. Послідовність розв’язання задачі міцності одношпонкових стиків згідно із запропонованою методикою**

Мінімальну міцність отримано при руйнуванні за випадком рис. 7, б.



**Рис. 7. Можливі форми руйнування тришпонкового стику:  
а, б – руйнування двох шпонок і шва;  
в – руйнування однієї шпонки і шва в межах двох інших**

При розрахунках з'єднання надколонної плити з колоною конструктивної системи «КУБ-2,5» розраховано одношпонковий стик за алгоритмом рис. 6 (руйнування за шпонкою) при  $l_k / h_k = 1,06$  із врахуванням обтиснення, котре виникає в результаті згину плити. Метод дозволяє врахувати рівень прикладання сили обтиснення за висотою шпонки (рис. 8), що впливає на її міцність.



**Рис. 8. Кінематично можливі схеми руйнування та рівні прикладання сили обтиснення, котрі розглядалися при оцінюванні міцності шпонкових стиків**

## **Висновки:**

1. Оцінювання міцності стиків капітелей і надколонних плит з колонами, міжколонних плит з капітелями та плит між собою на основі варіаційного методу в теорії пластичності дозволяє враховувати сукупність визначальних факторів. 2. Одержані результати розрахунків шпонкових стиків відкривають перспективу вдосконалення конструктивних рішень стиків елементів безбалкових перекриттів.

## *Література*

1. Лопатто, А.Е. Артур Фердинандович Полейт: к истории отечественного железобетона / А.Е. Лопатто. – М.: Стройиздат, 1969. – 104 с.
2. Павліков, А.М. Безкапітельно-безбалкова каркасно-конструктивна система будівлі: особливості та досвід використання під доступне житло / А.М. Павліков, Є.М. Бабич, Б.М. Петер // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / ДП ДНД ІБК. – Вип. 78: в 2-х кн. Книга 1. – Київ, ДП НДІБК, 2013. – С. 28 – 46.
3. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Основні положення: ДСТУ Б В.2.6. – К.: НДІБК, 2010. – 156 с. (Державний стандарт України).
4. Карабаи, Л.В. Міцність прямокутних залізобетонних шпонок з урахуванням особливостей армування і обтиснення: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Л.В. Карабаи. – Полтава, 2010. – 186 с.
5. Рожко, В.Н. Міцність шпонкових з'єднань бетонних і залізобетонних елементів: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / В. Н. Рожко. – Полтава, 2008. – 182 с.
6. Юрко, І.А. Міцність шпонкових стиків із фібробетону на синтетичних волокнах: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / І. А. Юрко. – Полтава, 2012. – 189 с.
7. 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.
8. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями. – М.: Стройиздат, 1979. – 54 с.

*Надійшла до редакції 17.09.2013*

*© О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Ю.В. Чурса, А.Г. Гриценко*