



Петрик Ю. М.

**Петрик Ю. М.**, аспірант,  
Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут  
будівельних конструкцій»,  
вул. Преображенська, 5/2, м. Київ, 03037,  
☎ +38050-353-16-52, ✉ yuriy.petryk@eurocon.com.ua

**Y. Petryk**, postgraduate student,  
State enterprise «State Research Institute of Building Constructions»,  
03037, Kyiv, Preobrazhenska street, 5/2,  
✉ yuriy.petryk@eurocon.com.ua  
☎ +38050-353-16-52

## ОЦІНКА СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ З НАПРУЖЕННЯМ КАНАТНОЇ АРМАТУРИ НА БЕТОН (ПОСТНАПРУЖЕННЯ) У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ УКРАЇНИ

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ  
С НАПРЯЖЕНИЕМ КАНАТНОЙ АРМАТУРЫ НА БЕТОН (ПОСТНАПРУЖЕНИЕ) В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УКРАИНЫ**  
**EVALUATION OF THE STATE OF USE OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF OVERLAYS WITH THE STRENGTH  
OF A ROPE FITTING TO CONCRETE (POST-TENSION) IN MODERN CONSTRUCTION OF UKRAINE**

**Анотація.** Проведено аналіз стану та досліджень монолітних залізобетонних конструкцій перекриттів з напруженням канатної арматури на бетон (постнапруження). Розглянуто питання впровадження.

**Ключові слова:** монолітне залізобетонне перекриття, напруження на бетон, постнапруження, натурні випробування.

**Анотация.** Проведен анализ состояния и исследований монолитных железобетонных конструкций перекрытий с напряжением канатной арматуры на бетон (постнапряжения). Рассмотрены вопросы внедрения.

**Ключевые слова:** монолитное железобетонное перекрытие, напряжение на бетон, постнапряжение, натурные испытания.

**Annotation.** The analysis and researches of monolithic reinforced concrete structures of overlaps with the tension of cable reinforcement on concrete (post-nerve) are carried out. The questions of introduction are considered.

**Keywords:** monolithic reinforced concrete ceiling, stress on concrete, post-tension, full-scale tests.

### Ціль

Аналіз експериментальних досліджень та обґрунтування впровадження в Україні постнапружених монолітних залізобетонних перекриттів.

### Вступ

Впровадження монолітних залізобетонних перекриттів з пост напруженням пов'язане з перевагами зменшення товщини перекриття, що впливає на висоту поверхів і будівлі, більш ефективний контроль прогинів конструкції, збільшення прогонів між вертикальними елементами будови (стіни, колони), зменшення власної ваги перекриттів і будови в цілому, пришвидшення формування перекриттів, скороченням витрат на виготовлення і обслуговування будівлі, підвищенням гнучкості об'ємно-планувальних рішень.

### Актуальність

Освоєння технології постнапруження є актуальною задачею будівельної галузі України. Для її успішного впровадження в т.ч. необхідно вирішити ряд питань нормативного та технічного характеру.

### Загальні відомості

Для постнапруження використовується арматурні канати та анкера, які встановлюють під час армування та виконують напруження за допомогою спеціальних пристроїв (домкрат), після досягнення не менше 70% міцності бетону на стиск.

Можливі дві системи постнапруження: пов'язана, з канатами в гофрованій трубі, що після напруження заповнюється ін'єктованим розчином, та непов'язана, зі змощеними канатами в пластиковій оболонці.

Арматурні канати застосовують поодиночі або пучками – моноканатне та мультіканатне армування. Найменш витратною



Рис. 1. Застосування постнапруження за технологією фірми VSL. Гонконг, Китай



Рис. 2. Застосування постнапруження за технологією фірми VSL. Дубай, ОАЕ (фестивальне містечко). Загальна площа постнапруження 250 тис.м<sup>2</sup>. Гонконг, Китай

та технологічно простішою у виконанні є моноканатна непов'язана система постнапруження.

Монолітні залізобетонні конструкції з напруженням арматури на бетон мають ряд технічних і економічних переваг перед аналогічними ненапруженими конструкціями – більші прольоти, зведення прогинів конструкції до 0, менша товщина елементів, зменшення ваги переkritтів та навантажень на фундаменти, тощо.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій

В зарубіжних джерелах технологія напруження монолітних залізобетонних конструкцій, переважно з використанням канатної арматури, відома як «постнапруження» (post-tensioning). Зокрема, така назва застосована в керівному нормативному документі країн Євросоюзу ETAG013, в якому викладені вимоги до елементів, які застосовуються для пост напруження.

За останні три десятиріччя будівництво за цією технологією стало займати домінуюче положення в світі.

Положення щодо попереднього напруження залізобетонних конструкцій викладені у розділі 3.3 ДБН В.2.6-98:2009. Проте, даний ДБН не регламентує ряд важливих характеристик попередньо напружених конструкцій (релаксація, пластичність, опір арматури втомі, характеристики анкерних і з'єднувальних пристроїв, тощо), а відносить їх до «відповідних нормативних документів». На «відповідні нормативні документи» посилаються також ряд пунктів у розділах 3.2 і 3.3 ДСТУ Б В.2.6-156:2010. В той же час, такі документи щодо постнапруження залізобетону до цього часу в Україні не були розроблені.

На ряді вітчизняних заводів виготовляються збірні попередньо напружені конструкції переkritтів з застосуванням канатної арматури К-7 згідно ГОСТ 13840-68. Проте, для постнапружених монолітних конструкцій крім канатів необхідні також інші супутні вироби (перш за все – анкерні пристрої), які в Україні не виробляються.

Положення щодо проектування попередньо напружених залізобетонних конструкцій містяться також в ДСТУ-Н Б EN1992-1-1:2010. Для визначення характеристик попередньо напруженої арматури, анкерних і з'єднувальних пристроїв, тощо, даний стандарт посилається на відповідні Європейські технічні ухвалення (European Technical Approval, ETA), які не є чинними в Україні.

#### Постановка задачі

У системі нормативних документів України аналогом ETA виступає Технічне свідоцтво, яке є документом, що видається після проведення науково-технічної експертизи нових будівельних виробів у разі підтвердження придатності виробів до застосування. З врахуванням стану нормативної бази України, для забезпечення впровадження технології постнапруження у промислового і цивільного будівництва України на базі ДП НДІБК були проведені дослідження щодо підтвердження придатності для застосування в будівництві комплектів виробів для постнапруження зарубіжного виробництва, до складу яких входять одиночні канати в пластиковій оболонці разом з відповідними засобами для розміщення в конструкції, анкерування, з'єднання та натягування («моноканатні вироби»):

- 1) вивчення нормативно-технічної документації, що стосується вимог та методів випробувань моноканатних виробів (на основі вимог ETAG013);
- 2) визначення номенклатури і параметрів зразків для випробувань, проведення вибіркового механічного випробувань елементів моноканатних виробів;
- 3) аналіз результатів випробувань елементів моноканатних виробів, які виконувалися раніше у зарубіжних лабораторіях;

- 4) аналіз системи контролю виробництва моноканатних виробів та оцінка її відповідності вимогам стандартів України.

#### Матеріали і методи

Перевірка придатності до застосування виконана для моноканатних виробів компанії VSL International Ltd. (www.vsl.com). За прототип Технічного свідоцтва на моноканатні вироби для постнапруження монолітних залізобетонних конструкцій переkritтів обране Європейське технічне ухвалення ETA 10/0008. Зазначені роботи виконані у відповідності до вимог ДСТУ-Н БА.1.1-99:2011, інших нормативних документів України, на підставі доручення Мінрегіонбуду України.

#### Основна частина

Об'єктом для застосування і перевірки моноканатних виробів було визначене незавершене будівництво паркінгу в осях 1-20/А-Г торгово-розважального центру по проспекту Генерала Ватутіна в м. Києві, який будувався ТОВ «Єврокон Україна» з застосуванням постнапружених конструкцій переkritтів. З метою апробації технології постнапруження монолітних залізобетонних конструкцій, на базі ДП НДІБК виконано експериментальні дослідження на базі будівництва даного об'єкту за такими напрямками:

1. Розроблена методика розрахунків постнапружених елементів переkritтів за першою та другою групами граничних станів.
2. Розроблена програма та методика, проведені натурні механічні випробування елементів постнапруженого переkritтя паркінгу.
3. Визначені нормовані вимоги з вогнестійкості до постнапружених залізобетонних конструкцій переkritтів, вибрані дослідні зразки постнапружених елементів переkritтів для випробування на вогнестійкість.



Рис. 3. Встановлення канатів для постнапруження балки монолітного переkritтя

4. Виконано аналіз технології влаштування поствапружених елементів перекриттів.
5. Складені «Рекомендації щодо розрахунку, конструювання та технології влаштування монолітних залізобетонних пост напружених перекриттів» з прикладами розрахунків поствапружених елементів.

Будівля паркінгу має залізобетонний рамно-в'язевий каркас з колонами, жорстко з'єднаними з фундаментами кроком 8,4x16,0 м; перекриття монолітні залізобетонні балкові товщиною 240 мм; балки розташовано по цифрових осях і мають переріз 1600x750 мм та 800x750 мм.

Бетон класу С30/35 з мінімальною товщиною захисного шару 40 мм. Балки і плити перекриття армовані арматурою класу А500С.

Плита перекриття армована верхньою і нижньою арматурними сітками та окремими 7-дротовими канатами з напруженням на бетон, які розташовано по середині товщини плити. Балки армовано окремими 7-дротовими канатами з напруженням на бетон, без зчеплення (канат в пластиковій гільзі зі змащенням), які розташовано на різних рівнях по висоті балки та їх геометрія близька до параболічного вигляду.

Для поствапруження непов'язаної системи армування перекриття було застосовано моноканатні вироби у такому складі: 7-жильні, високоміцні сталеві арматурні канати діаметром 15,2 мм, попередньо змащені та обшиті полімерною трубою; анкери для кріплення канатів, які складаються з труби SHS6N та клинів W6C-SH; муфти для з'єднання двох послідовно розміщених арматурних канатів з однієї муфти типу SH 1/0,6", двох клинів типу 0,6"SH та однієї стопорної пружини. Випробування зразків арматурних канатів показало, що їх тимчасовий опір розриванню  $\delta_s = 1,92...1,95 \text{ кН/мм}^2$ , межа текучості  $\delta_{0,2} = 1,75...1,76 \text{ кН/мм}^2$ .

Методика випробування розроблена згідно ДСТУ Б В.2.6-7-95.

Випробування було проведено на ділянці перекриття над 2-м поверхом паркінгу в осях 6-8/А-Г. Навантаження перекриття виконувалось шляхом наповнення водою двох ємкостей, влаштованих з застосуванням герметизованої полімерною плівкою і розкріпленої щитової опалубки (Рис. 5, 6).

Розрахункове за першою групою граничних станів навантаження на перекриття складає  $9,0 \text{ кН/м}^2$  ( $900 \text{ кгс/м}^2$ ) без врахування власної ваги перекриття. Значення контрольних навантажень для випробування складають:  $7,5 \text{ кН/м}^2$  для контролю прогинів і ширини розкриття тріщин та  $14,5 \text{ кН/м}^2$  для контролю міцності.

Навантаження на перекриття прикладалося ступенями по  $2,0...1,0 \text{ кН/м}^2$ . На обох ділянках №1 і №2 навантаження доводилось спочатку до контрольного значення за прогинами і тріщинами ( $7,5 \text{ кН/м}^2$ ), а потім до розрахункового значення ( $9,0 \text{ кН/м}^2$ ). Після цього навантаження ділянки №2 було припинене, а на ділянці №1 навантаження збільшувалося до виявлення ознак вичерпання несучої здатності конструкцій.

Для вимірювання прогинів було встановлено прогиномири з ціною поділки  $0,01 \text{ мм}$  з нижньої сторони плити. Кожен з прогиномірів був закріплений спеціальними струбцинами до індивідуального стояка на перекритті першого поверху. Висмикування канатів контролювалося індикаторами ИЧ-10 з ціною поділки  $0,01 \text{ мм}$ , які було встановлено збоку плити перекриття по осі 8.

У процесі проведення випробувань було досягнуто максимальне рівномірно розподілене по площі навантаження на перекриття у розмірі  $q_e = 15,50 \text{ кН/м}^2$ . При такому навантаженні ознак вичерпання несучої здатності балок не було виявлено, проте на ділянці між осями 7-8/А-Б були виявлені початкові ознаки вичерпання несучої здатності плити по першому випадку зруйнування – внаслідок теку-

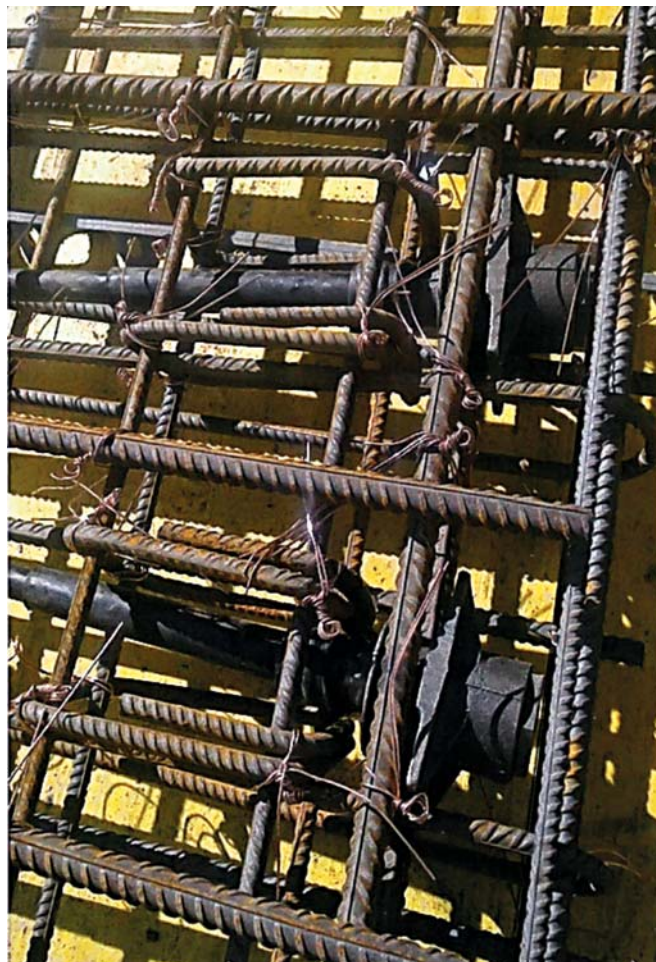


Рис. 4. Вузли анкерування канатів у монолітному перекритті



Рис. 5. Випробування фрагменту перекриття другого поверху. Навантаження прикладається шляхом наповнення ємкостей водою. Вигляд зверху



Рис. 6. Випробування фрагменту перекриття другого поверху. Навантаження прикладається шляхом наповнення ємкостей водою. Вигляд збоку

чості робочої арматури в нормальному перерізі плити, яка була зафіксована за різким зростанням прогину плити під час витримки на останньому етапі навантаження (на 10% після 30 хвилин витримки, покази прогину міра ПП2).

**Таким чином, в результаті випробування натурального фрагмента було встановлено, що:**

- a) при рівномірно розподіленому по площі навантаженні несуча здатність перекриття лімітується несучою здатністю плити, яка є меншою, ніж несуча здатність балок;
- b) фактична несуча здатність плити становить не менше  $15,50 \text{кН/м}^2$  (без врахування власної ваги плити), що перевищує контрольне навантаження по перевірці міцності.

Отже, на підставі результатів випробування натурального фрагменту перекриття, можна вважати, що фактична несуча здатність перекриття складає  $9,5 \text{кН/м}^2$ . В термінології цьому значенню відповідає розрахункове граничне значення корисного (без врахування власної

ваги) навантаження на перекриття при  $\gamma > 1$ . Вказане навантаження не враховує коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  згідно ДБН В.1.2.-14:2009 (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ).

#### Висновки

Встановлено, що застосування у будівництві монолітних залізобетонних конструкцій системи постнапруження з моноканатними виробами забезпечує достатню міцність, жорсткість та тріщиностійкість великопрогонових перекриттів.

Аналіз отриманих даних показує експлуатаційну придатність постнапружених перекриттів для застосування виробів системи постнапруження у будівельній практиці.

Виконані дослідження дозволять перейти до практичного застосування конструкцій монолітних залізобетонних постнапружених перекриттів у повній відповідності до вимог нормативних документів України.

#### Література:

1. Тарасюк В.Г., Жарко Л.О., Лісеній О.М., Петрик Ю.М. Впровадження в Україні монолітних залізобетонних конструкцій з напруженням канатної арматури на бетон // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал – 2015 – №3 – с.4-6
2. Тарасюк В.Г., Жарко Л.О., Овчар В.П., Лісеній О.М., Белоконь А.М., Зеленко Є.В., Цимбал С.П., Петрик Ю.М. Натурні випробування пост напруженого монолітного залізобетонного перекриття // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал – 2015 – №3 – с.7-11
3. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – (Чинні від 2011-07-01). – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 71 с. – (Будівельні норми України).
4. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бутону. Правила проектування: ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. – (Чинний від 2011-06-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 114 с. – (Національний стандарт України).
5. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия (Канаты сталеви арматурні 1х7. Технічні умови): ГОСТ 13840-68. – (Чинний від 1968-07-15). – М.: Издательство стандартов, 1988. – 7с. – (Міждержавний стандарт).
6. ЄВРОКОД 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDN). – ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. – (Чинний від 2013-07-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 312 с. – (Національний стандарт України).
7. Stronghold monostrend post-tensioning system. CTT-Stronghold S.A. Post-tensioning kit for prestressing of structures. – ETA 10/0008 (Чинний від 2010-06-26) – Madrid: Instituto de Ciencias de la construccion Eduardo Torroja – European Organization for Technical Approvals, 2010. – 41р. – (Європейське технічне ухвалення).
8. Post-tensioning kits for prestressing of structures. – ETAG 013 . Edition June 2002. (Комплекти постнатягання для попереднього напруження конструкцій). – Brussels: European Organization for Technical Approvals, 2002. – 136р. – (Керівництво з європейських технічних ухвалень).
9. Настанова експертам з підготовки висновку та проекту технічного свідоцтва придатності нових будівельних виробів до застосування: ДСТУ-Н Б А.1.1-99:2011. – (Чинний від 2013-03-01). – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 29 с. – (Національний стандарт України).
10. Florian G. Barth, P.E. «Unbonded Post-Tensioning System Technology in Building Construction», P.E. Concrete Construction Engineering Handbook, pp. 12-1-12-45. 2008 by Taylor & Francis Group, LLC
11. Post tensioning in building structures. A report submitted to JNT University in partial fulfillment of the requirement for bachelor of engineering in civil engineering: Department of civil engineering Gorakaju Rang Araju Institute of Engineering & Technology Nizampet Road, Hyderabad – 500090. July 2011 (Civil Miniproject Dixit.pdf).
12. Комплект креслень 435-429 КЖ-3201. Строительство жилых домов с объектами социально-культурного и бытового назначения, транспортной развязки и тяговой подстанции по пр.Проспекту Генерала Ватутина в Днепропетровском и Деснянском р-нах г.Киева. Корректировка проекта. Торгово-развлекательный центр с гаражом. – ООО «ЕАРЕНГПРОЕКТ» – Киев, 2008.
13. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ) 8829-94). – (Чинні від 1996-01-01). – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 44 с. – (Державний стандарт України).
14. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – (Чинні від 2007-01-01). – К.: Мінбуд України, 2006. – 59с. – (Будівельні норми України).
15. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14:2009. – (Чинні від 2009-12-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37с. – (Будівельні норми України).