

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК: 624.21

І. І. ВОЙТОВИЧ<sup>1</sup>, Ю. Л. ЛОТОЦЬКИЙ<sup>2</sup>, А. Є. ФАЛЬ<sup>3\*</sup>, Б. М. РИСЮК<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ПАТ «Київсоюзшляхпроект», вул. Кудрявська 3/5, Київ, Україна, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, ел. пошта [voitovych@kyivsdp.com.ua](mailto:voitovych@kyivsdp.com.ua)

<sup>2</sup> ПАТ «Київсоюзшляхпроект», вул. Кудрявська 3/5, Київ, Україна, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, ел. пошта [lototskyu@kyivsdp.com.ua](mailto:lototskyu@kyivsdp.com.ua)

<sup>3\*</sup> ПАТ «Київсоюзшляхпроект», вул. Кудрявська 3/5, Київ, Україна, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, ел. пошта [fal@kyivsdp.com.ua](mailto:fal@kyivsdp.com.ua)

<sup>4</sup> ПАТ «Київсоюзшляхпроект», вул. Кудрявська 3/5, Київ, Україна, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, ел. пошта [b.rysuk@mostcenter.com.ua](mailto:b.rysuk@mostcenter.com.ua)

### ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД НА ТРАНСПОРТНИХ РОЗВ'ЯЗКАХ В СТИСНУТИХ УМОВАХ

**Мета.** Запропонувати нові підходи в проектуванні транспортних розв'язок в різних рівнях у стиснутих умовах. **Результати.** Наведено приклади вирішення проектування транспортних розв'язок в різних рівнях в стиснутих умовах. **Практична значимість.** Запропоновано інженерні рішення з використання світового досвіду проектування транспортних розв'язок у різних рівнях та використання пост-напруженого монолітного бетону в прогонових будовах шляхопроводів складної конфігурації в плані, забезпечення безперервного руху транспорту по транспортному вузлу, зменшення державних капіталовкладень та забезпечення довговічності споруд.

*Ключові слова:* транспортна розв'язка; пост-напружений залізобетон; прогонова будова

#### Вступ

За останні десятиліття зросла інтенсивність руху на дорогах України та в містах. При цьому виникає проблема пропуску руху без заторів на розв'язках в одному рівні. Дуже гостро ця проблема постала на під'їздах до великих міст, обласних центрів та на пересіченні великих (інтенсивних) транспортних потоків. Очевидно, що класичні транспортні розв'язки у двох рівнях (типу листка конюшини тощо) не забезпечують пропуск транспорту безперешкодно через ці розв'язки при великій інтенсивності руху.

ПАТ «Київсоюзшляхпроект» зроблено спробу змінити підходи до проектування розв'язок в різних рівнях, і до кожного транспортного вузла підходити індивідуально з урахуванням збільшення інтенсивності руху по кожному напрямку та використання сучасних рішень щодо будівництва транспортних штучних споруд на них.

#### Мета

Запропонувати інженерні рішення при проектування та будівництві транспортних

розв'язок в різних рівнях в стиснутих умовах (в межах відводу земель, в умовах щільної забудови тощо)

#### Стан проблеми

Сучасний стан проектування та будівництва транспортних розв'язок у двох і більше рівнях на дорогах загального користування зіткнувся з проблемою виділення достатньої площі землі під розв'язку або вимагає зносу будівель та споруд. Очевидно, що такий стан вимагає великих державних коштів та капіталовкладень, багато часу на вирішення юридичних питань. Для вирішення цієї проблеми необхідно використання нестандартних планувальних рішень та використання сучасних будівельних матеріалів для штучних споруд. Такі розв'язки, для того щоб їх розмістити в смузї відводу автомобільної дороги, дуже часто вимагають будівництва споруд на кривих в плані з малими радіусами повороту (радіус кривої 25...50 м). Для таких мостів є складністю розставити, наприклад, збірні залізобетонні балки, а найчастіше взагалі неможливо. Кожна з балок в таких випадках, зазвичай, виходить різною по довжині, а їх ла-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

мані контури на опорах викликають неприємні відчуття при візуальному сприйнятті. Використання металевих прогонових будов (стале залізобетонних чи з металевою ортотропною плитою) частково вирішує проблему в конструктивному рішенні, але значно дорожче в порівнянні із залізобетоном та й будівельна висота прогонових будов є більшою в порівнянні із залізобетонними, що вимагає збільшення довжини підходів, щоб витримати нормативний ухил проїзної частини.

За останні роки в Україні реалізовано ряд проектів з використанням монолітних прогонових будов к каркасним армуванням без попере-

днього напруження та з пост-натягом арматури на бетон.

Досвід експлуатації споруд з каркасним армуванням незадовільний. Для прикладу, шляхопровід на а/д Київ – Одеса під час вводу в експлуатацію не мав дефектів, які б призводили до втрати несучої здатності та зменшення довговічності, а після нетривалої (близько 5 років) експлуатації було виявлено систему тріщин в при опорній зоні балок та в середині прогонів (рис. 1).

Дуже часто тріщини в прогонових будовах виникають відразу після будівництва споруди після зняття опалубки перед вводом її в експлуатацію (рис. 2).



а



б

Рис. 1. Стан прогонової будови під час вводу в експлуатацію (а) та після нетривалої експлуатації (б)



Рис. 2. Силкові тріщини з кроком 300...350 мм по нижній грані плити з шириною розкриття до 0,3 мм в прогонової будови з каркасним армуванням після зняття риштувань.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Іншим недоліком монолітних залізобетонних прогонових будов армованих звичайною арматурою є незначні довжини прогонів, тобто такі споруди вимагають встановлення опор з невеликим кроком 12...18 м (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд споруди на кривій з каркасним армування прогонової будови

Таким чином можемо сказати про наступне, що застосування монолітних прогонових будов з каркасним армуванням в цілому не є виправданим з точки зору сучасних інженерних рішень та капіталовкладень з метою досягнення нормативної довговічності споруди.

На нашу думку, вирішити дану проблему може використання прогонових будов із монолітного пост-напруженого залізобетону.

### Рішення

Перелічені проблеми інженерних рішень при проектуванні та досвід експлуатації таких споруд спонукав ПАТ «Київсоюзшляхпроект» використати світовий досвід в проектуванні транспортних розв'язок в різних рівнях з використанням новітніх технологій спорудження штучних споруд [1, 2, 3].

На нашу думку, вирішити або частково зняти перелічені недоліки можуть використання при проектуванні та будівництві транспортних розв'язок прогонові будови з монолітного пост-напруженого залізобетону [4]. Протягом останнього року в ПАТ «Київсоюзшляхпроект» реалізовано ряд таких проектів та ще декілька на стадії проектування.

### Транспортна розв'язка в різних рівнях на км 15+390 автомобільної дороги Київ – Одеса в Київській області

Необхідність будівництва транспортної розв'язки пов'язана з тим, що у теперішній час перехрещення доріг Київ – Одеса і місцевої Га-

тне – Чабани на км 15+390 виконано в одному рівні лише з правоповоротними з'їздами. Для виконання лівого повороту за всіма напрямками, або перетину другорядною дорогою основної магістралі Київ – Одеса, транспортним засобам необхідно зробити перепробіг з боку Києва – 4,0 км, а з боку Одеси – 4,2 км.

Це призводить не тільки до матеріальних перевитрат, а й ускладнює умови руху автотранспорту на даній ділянці, призводить до зменшення швидкості і зручності руху і щорічного збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. У зв'язку з цим постала необхідність будівництва транспортної розв'язки в різних рівнях. При цьому довжина прогонів шляхопроводу на перетині з основною дорогою визначена проектом з урахуванням перспективи розширення автомагістралі Київ – Одеса з 6 смуг до 8 смуг руху (рис. 4 і 5).

#### Технічні характеристики розв'язки:

- розв'язка у формі на пів розворотного півкільця в різних рівнях;
- довжина розв'язки – 600 м;
- штучні споруди: підпірні стіни загальною довжиною 350 м, шляхопровід – 200 м;
- кількість смуг руху – 1;
- ширина смуги руху – 5,5 м;
- ширина смуг безпеки: лівої – 1,0 м, правої – 2,0 м;
- найменший радіус кривої в плані – 26,0 м (на шляхопроводі).

#### Технічні характеристики шляхопроводу:

- довжина шляхопроводу – 200,12 м;
- габарит – Г 8,5 + 1×0,75;
- ширина прогонової будови – 10,5 м;
- геометрична схема – 19,5 + 2×26,0 + 2×28,52 + 2×26,0 + 19,5 м;
- статична схема – нерозрізна, восьми прогонова плита суцільного перерізу з консолями;
- прогонова будова – монолітний залізобетон з пост-натягом арматури на бетон;
- крайні опори – монолітні, залізобетонні стінки на буронабивних палях;
- проміжні опори – масивні монолітні залізобетонні на буронабивних палях;
- розрахункове навантаження – А-15 и НК-100.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

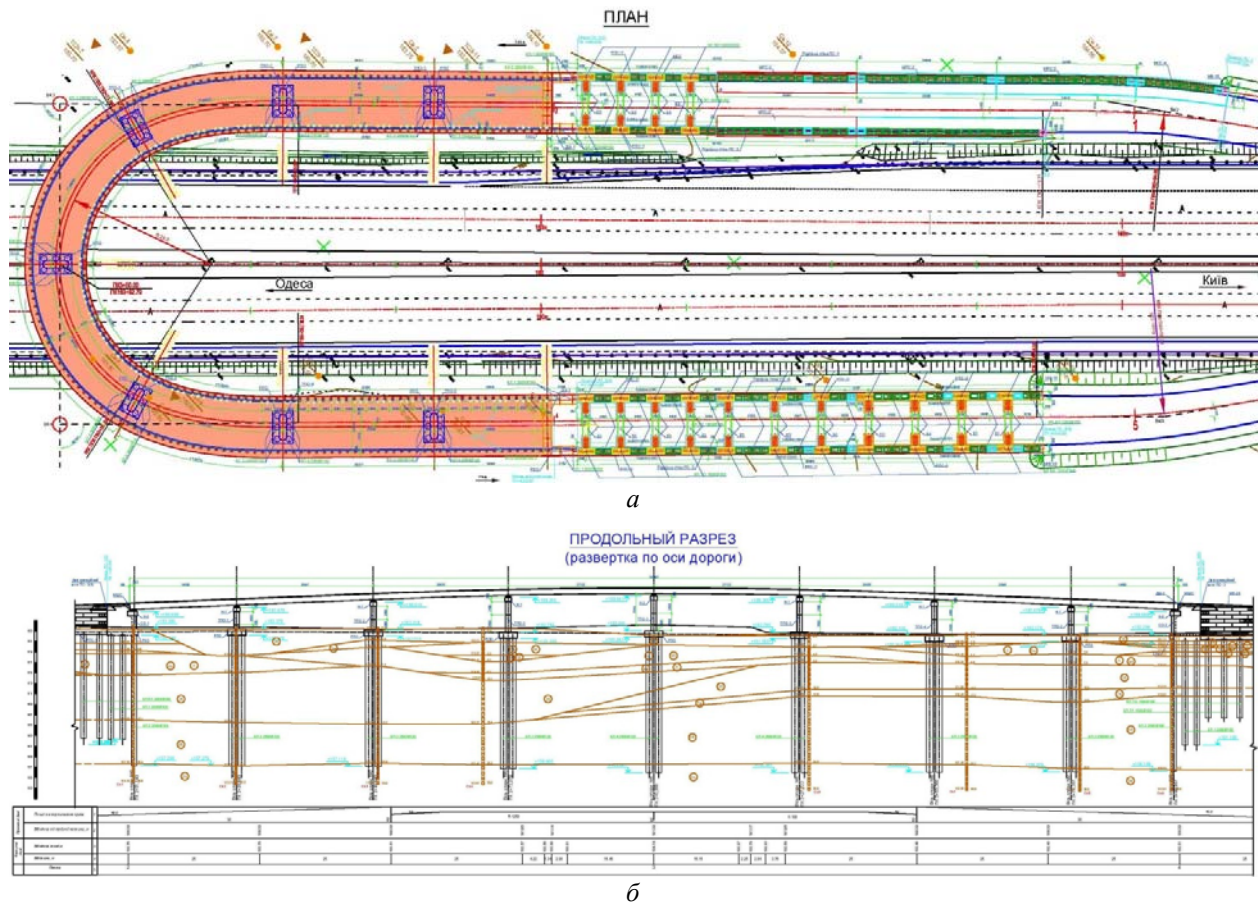


Рис. 4. План (а) та поздовжній (б) розріз шляхопроводу

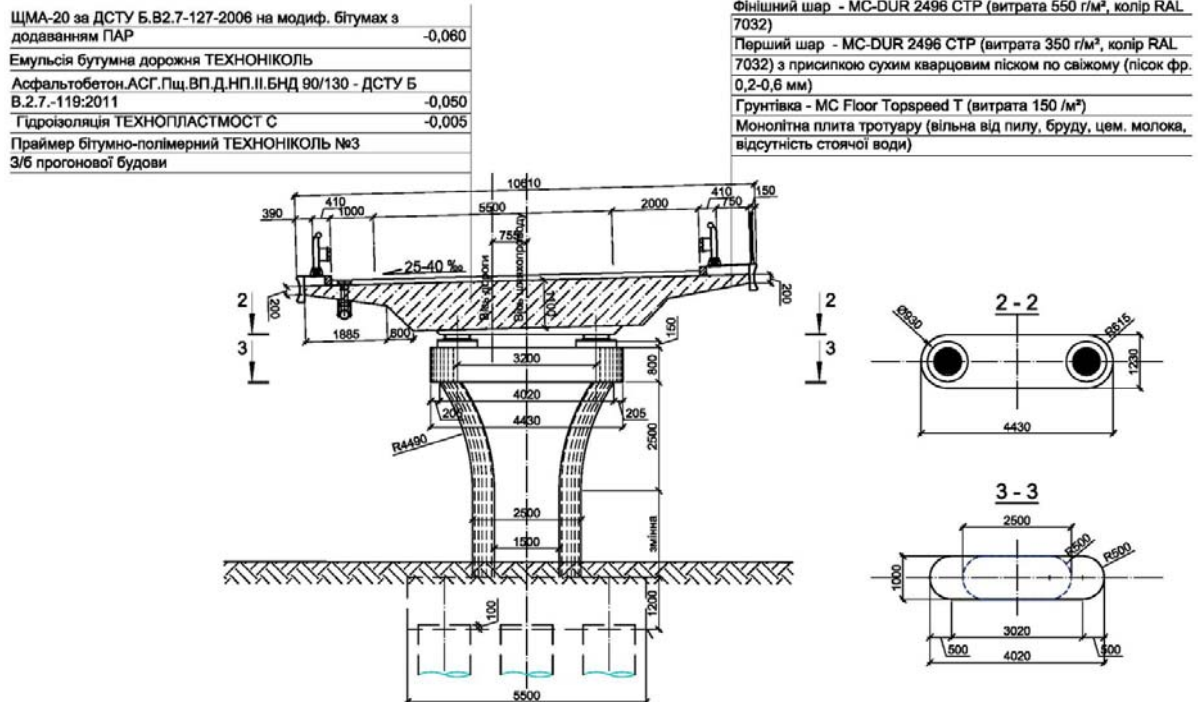
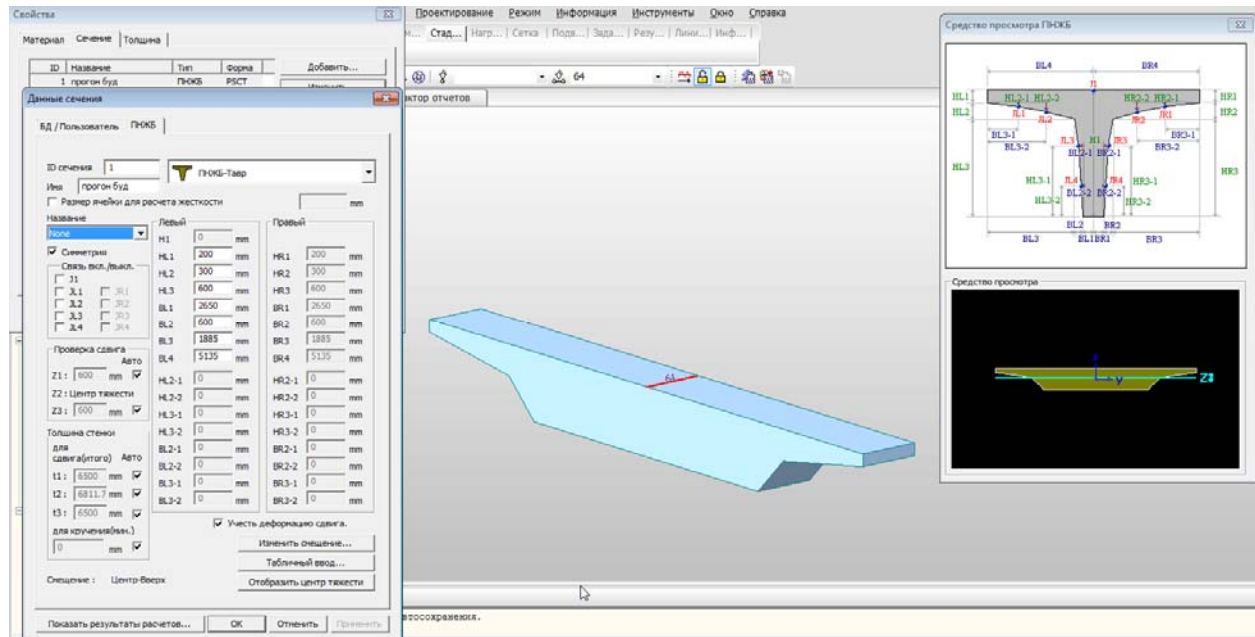


Рис. 5. Поперечний розріз шляхопроводу

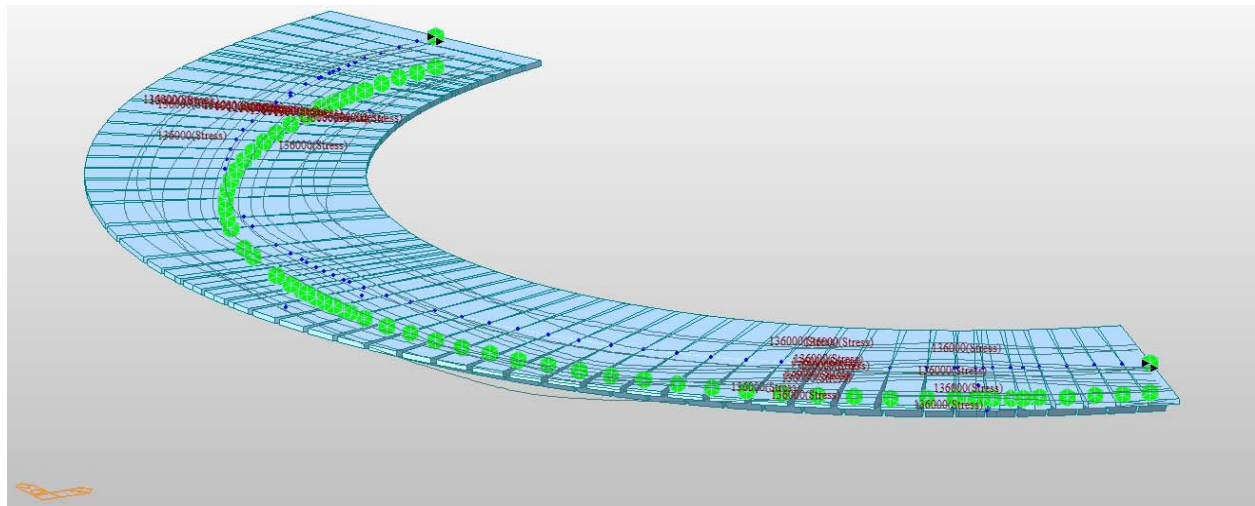
## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Розрахунки прогонової будови виконано в програмному комплексі Midas Civil 2013. Прогонова будова моделювалася стержневим елементом методом скінчених елементів з включенням в розрахункову схему попередньо-напруженої арматури [5]. Можливості програ-

мно комплексу дозволили розрахувати прогонову будову з врахуванням особливостей монтажу та з втратами попереднього напруження. На рис. 6 показано геометричні характеристики стержнів та 3D-модель розрахункової схеми з попередньо-напруженою арматурою.



а



б

Рис. 6. Геометричні характеристики стержнів (а) та 3D-модель розрахункової схеми з попередньо-напруженою арматурою (б)

Матеріал прогонової будови – бетон В 40, W6, F200, попередньо-напружена арматура – високоміцні канати Y1860 S7 за EN 10138, Ø15,7 мм, S=150 мм<sup>2</sup>, звичайна арматура А-III, А-I зі сталі 25 Г2С.

Бетонування прогонової будови виконується у 3 етапи: 1-й етап – бетонування центральної частини над а/д Київ – Одеса з обтиском прогонової будови, 2-й і 3-й етапи – бетонування одночасно прямих ділянок (рис. 7).

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

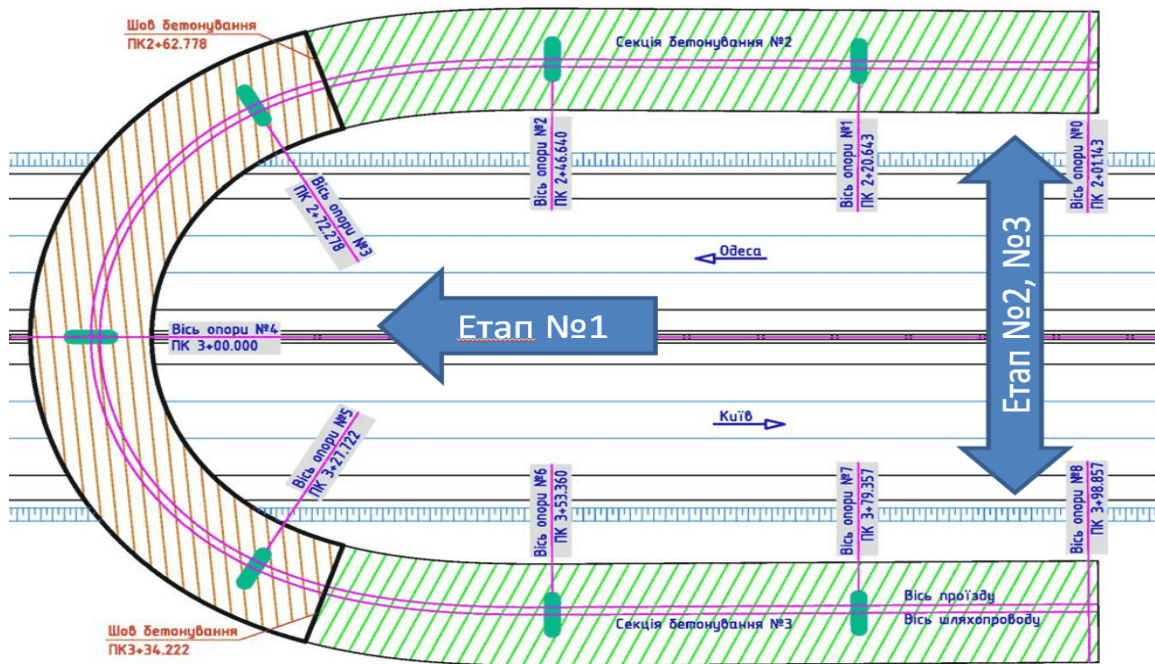


Рис. 7 Секції та етапи бетонування прогонової будови

Таким чином, застосування монолітної постнапруженої прогонової будови дало змогу запроектувати розв'язку у вигляді розворотного півкільця з малим радіусом повороту ( $R=26$  м) та, відповідно, вписатися в смугу відводу землі під автомобільну дорогу шириною 70 м та зменшили довжину підходів.

Аналогічні підходи в ПАТ «Київсоюзшлях-проект» використані при проектуванні транспортної розв'язки на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса на км 21+847 Київської області біля с. Віта-Поштова, ведуться проектні роботи на правобережних розв'язках з Подільського мостового переходу із примиканням до існуючих вулиць та запропоновано транспортну естакаду для проходження через населений пункт на автомобільній дорозі Дніпропетровськ – Царичанка – Кобиляки – Решитилівка Р-52, Полтавської області.

### Висновки

Використання монолітного постнапруженого бетону для будівництва штучних споруд на транспортних розв'язках у різних рівнях в стиснутих умовах має ряд переваг в порівнянні з використанням інших матеріалів та технологій, а саме:

- дозволяє проектувати штучні споруди складної конфігурації в плані з вписуванням

транспортних розв'язок у існуючі відводи земель;

- збільшувати довжину прогонів та зменшувати кількість деформаційних швів;
- зменшувати довжину підходів;
- забезпечувати довговічність прогонових будов та витримувати проектний строк служби прогонової будови;
- уникнути появу тріщин при знятті опалубки та під час експлуатації;
- зменшувати вартість капіталовкладень на будівництво транспортних розв'язок;
- забезпечувати безперервний транспортний рух на розв'язках та зменшення аварійності на дорогах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Heiler, H. Vorspannung intern, extern, mit und ohne Verbund [Text] / H. Heiler, M. Scheibe // Beton und Stahlbetonbau 99. – 2004. – Heft 11. – P. 877-885.
2. Ajdukiewicz, A. Konstrukcje z betonu sprężonego [Text] / A. Ajdukiewicz, J. Mames // Stowarzyszenie Producentów Cementu. – Kraków, 2008.
3. Fidyk, M. Zastosowanie w pełni prefabrykowanych kabli sprężających na przykładzie obiektu WA22A' w ciągu autostradowej obwodnicy Wrocławia [Text] / M. Fidyk, C. Sternicki, L. Rymanowski // CZ.II. Wrocławskie Dni Mostowe

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Prefabrykacja w mostownictwie, Wrocław 23-24 listopada 2010.
4. Benaim, R. The Design of Prestressed Concrete. Bridges Concepts and principles [Text] / R. Benaim. – 2007 – 606 p. – ISBN 0-203-96205-2.
5. Медведєв, К. В. Особливості визначення напруженого стану криволінійної прогонової будови / К. В. Медведєв, М. Г. Мальгін // Вісн. Нац. ун-ту Львів. політехніка. – 2010. – № 664. – С. 104-108.

И. И. ВОЙТОВИЧ<sup>1</sup>, Ю. Л. ЛОТОЦКИЙ<sup>2</sup>, А. Е. ФАЛЬ<sup>3\*</sup>, Б. М. РИСЮК<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ПАО «Киевсоюздорпроект», ул. Кудрявская 3/5, Киев, Украина, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, эл. почта [voitovych@kyivsdpr.com.ua](mailto:voitovych@kyivsdpr.com.ua)

<sup>2</sup> ПАО «Киевсоюздорпроект», ул. Кудрявская 3/5, Киев, Украина, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, эл. почта [y.lototskiy@kyivsdpr.com.ua](mailto:y.lototskiy@kyivsdpr.com.ua)

<sup>3\*</sup> ПАО «Киевсоюздорпроект», ул. Кудрявская 3/5, Киев, Украина, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, эл. почта [fal@kyivsdpr.com.ua](mailto:fal@kyivsdpr.com.ua)

<sup>4</sup> ПАО «Киевсоюздорпроект», ул. Кудрявская 3/5, Киев, Украина, 04053, тел./факс + 38 (044) 272 08 29, эл. почта [b.ryasuk@mostcenter.com.ua](mailto:b.ryasuk@mostcenter.com.ua)

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗКАХ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель.** Предложить новые подходы в проектировании транспортных развязок в разных уровнях в стесненных условиях. **Результаты.** Приведены примеры решения проектирования транспортных развязок в разных уровнях в стесненных условиях. **Практическая значимость.** Предложены инженерные решения по использованию мирового опыта проектирования транспортных развязок в разных уровнях и использования пост-напряженного монолитного бетона в пролетных строениях путепроводов сложной конфигурации в плане, обеспечения непрерывного движения транспорта по транспортному узлу, уменьшение государственных капиталовложений и обеспечения долговечности сооружений.

*Ключевые слова:* транспортная развязка; пост-напряженный железобетон; пролетное строение

IVAN VOYTOVICH<sup>1</sup>, YURIY LOTOTSKIY<sup>2</sup>, ANDREY FAL<sup>3\*</sup>, B. RISYUK<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Corporation «Kievsoyuzdorproekt», 3/5 Kudryavskaya str., Kiev, Ukraine, 04053, tel./fax + 38 (044) 272 08 29, e-mail [voitovych@kyivsdpr.com.ua](mailto:voitovych@kyivsdpr.com.ua)

<sup>2</sup> Corporation «Kievsoyuzdorproekt», 3/5 Kudryavskaya str., Kiev, Ukraine, 04053, tel./fax + 38 (044) 272 08 29, e-mail [y.lototskiy@kyivsdpr.com.ua](mailto:y.lototskiy@kyivsdpr.com.ua)

<sup>3\*</sup> Corporation «Kievsoyuzdorproekt», 3/5 Kudryavskaya str., Kiev, Ukraine, 04053, tel./fax + 38 (044) 272 08 29, e-mail [fal@kyivsdpr.com.ua](mailto:fal@kyivsdpr.com.ua)

<sup>4</sup> Corporation «Kievsoyuzdorproekt», 3/5 Kudryavskaya str., Kiev, Ukraine, 04053, tel./fax + 38 (044) 272 08 29, e-mail [b.ryasuk@mostcenter.com.ua](mailto:b.ryasuk@mostcenter.com.ua)

## FEATURES OF DESIGNING STRUCTURES ON THE TRANSPORTS INTERCHANGES IN CRAMPED CONDITIONS

**Purpose.** Offer new approaches in the design of road interchanges at different levels in cramped conditions. **Results.** Examples of design solution of road interchanges at different levels in cramped conditions. **Practical value.** Proposed engineering solutions using world experience designing road interchanges at different levels and the use of post-tension curved span bridges, uninterrupted traffic on transportation hub, reducing public investment and ensure the maintainance of bridges.

*Keywords:* road interchange; post-tension concrete; bridge span

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А. І. Лантухом-Лященко (Україна), д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Україна).*

Надійшла до редколегії 28.06.2014.

Прийнята до друку 02.07.2014.