

## СУЧАСНІ МОНОЛІТНІ ПОСТ-НАПРУЖЕНІ ПЛИТНІ КОНСТРУКЦІЇ

*Назаренко І.В., аспірант*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків*

У світовій історії саме монолітний бетон є початківцем серед будівельних матеріалів. Ще в 1908 р. знаменитий винахідник Т.А. Едісон запатентував метод зведення будинків з монолітного бетону. В сучасному світі широкого застосування набуває технологія зведення попередньо напружених монолітних конструкцій. Головні переваги попередньо напружених конструкцій порівняно із застосуванням традиційних рішень – підвищена надійність та довговічність споруди. Це можливо завдяки усуненню або обмеженню ширини тріщин у бетоні, зменшенню прогину плити, великій стійкості до дії вертикальних навантажень, надійного захисту арматури від корозії.

Пост-напруження – це спосіб попередньої напруги з натягом на бетон в будівельних умовах, який полягає в тому, що арматура, що напружується, натягується механічним способом після бетонування і набору бетоном достатньої міцності. Переднапружені сталеві канати усередині пластикових труб розміщуються в опалубці до укладання бетону. Після того, як бетон набере міцність, але до застосування постійних навантажень, сталеві канати натягуються і закріплюються на зовнішніх краях бетону. Розкладка системи пост-напруження здійснюється за заданою проектом траєкторією, яка описує епюру моментів конструкції.

У світовій практиці пост-напруження широко застосовується при будівництві мостів [1]. Ця технологія дозволяє виконати навіть дуже важкі геометричні вимоги, включаючи складні криві, змінні віражі та значні зміни ухилу, а також відкриває можливості для збільшення завантаження та довжини прольоту.

В Україні технологія пост-напруження вперше була застосована в 2010 р. при будівництві компанією EUROCON нового комплексу Посольства США в Києві, а саме при зведенні монолітної залізобетонної будівлі гаража (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Будівля гаража Посольства США в Києві

На дорогах України ми теж маємо приклади застосування монолітних пост-напружених конструкцій. А саме: шляхопровід на пересіченні а/доріг державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський та Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка при реконструкції а/дороги державного значення Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка (рис. 2, а), естакада-підкова на перетині автомобільних доріг державного значення загального користування М-03 Київ-Харків та Р-11 Полтава – Красноград (рис. 2, б), шляхопровід на а/дорозі міжнародного значення Київ-Чоп (рис. 3) та ін.



Рисунок 2 – Шляхопровід (а) та естакада-підкова (б) Полтавська область



Рисунок 3 – Шляхопровід на а/дорозі міжнародного значення Київ-Чоп.

У попередній напрузі сталевий арматури на бетон прийнято дві схеми:

- зі зчепленням пост-напруженого армування з бетоном;
- без зчеплення із бетоном.

Схема "без зчеплення з бетоном" широко застосовується при будівництві жилих будинків та загалом в цивільному будівництві. Технологія пост-напруження зі зчепленням бетону з арматурою довела свою ефективність при зведенні масивних балкових конструкцій та плитних мостових прольотів.

Незважаючи на високу технологічність та технічну досконалість, обладнання для пост-напруження просте в експлуатації на всіх етапах: складання, проштовхування, напруження і, врешті, ін'єктування. Крім того розроблено стандартний комплект конструкційних елементів для пост-напруги, в якому номенклатура елементів є надзвичайно універсальною, що дозволяє виконання практично будь-якого технічного завдання.

Обладнання та елементи для пост-напруження пропонує велика кількість міжнародних компаній: DYWIDEG (Німеччина), GTI General Technologies

(США), REGBAR CONSTRUCTION (Туреччина), Tendom Systems (США), Williams Form Engineering (Великобританія), Eurocon (Естонія). Деякі з них представлені і в Україні.

Розглянемо технологію та обладнання для пост-напруження на прикладі системи DYWIDAG. Завдяки винятковій надійності та видатним експлуатаційним характеристикам системи DYWIDAG для пост-напруження залізобетонних конструкцій отримали світове визнання. Їх використовують у всіх сферах, де передбачене застосування натягу арматури «на бетон».

Системи пост-напруження DYWIDAG відповідають вимогам всіх міжнародних специфікацій та рекомендацій (ASTM, AASHTO, BS, Eurocode, DIN, Austrian Code, SIA, FIP, fib, EOTA, тощо) [3].

Технологія виготовлення пост-напруженої конструкції виконується в наступній послідовності:

1. В підготовлену опалубку монтуються арматурні стержні та каналотворювачі.

2. Проводиться бетонування конструкції (використовуваний бетон повинен відповідати необхідному проектному класу міцності).

3. Після достатньої набору міцності бетону в підготовлені каналотворювачі проштовхуються металеві канати.

4. Після проштовхування канати з'єднуються в пучок за допомогою анкера.

5. Відбувається напруження кожного канату до проектного значення за допомогою гідравлічних домкратів та насосних станцій.

6. Простір, що залишився всередині каналотворювача заповнюють бетонною сумішшю методом ін'єктування.

Каналотворювачі бувають трьох типів: металеві, круглі з та плоскі поліетилену/поліпропілену (ПЕ/ПП) (рис. 4). DYWIDAG виготовляє прямолінійні ПЕ/ПП каналотворювачі всіх типорозмірів довжиною до 24 м. Найбільш зручна для транспортування довжина становить 12 м, проте у бухтах можна транспортувати і більші довжини каналотворювачів всіх розмірів, крім діаметру 130 мм.

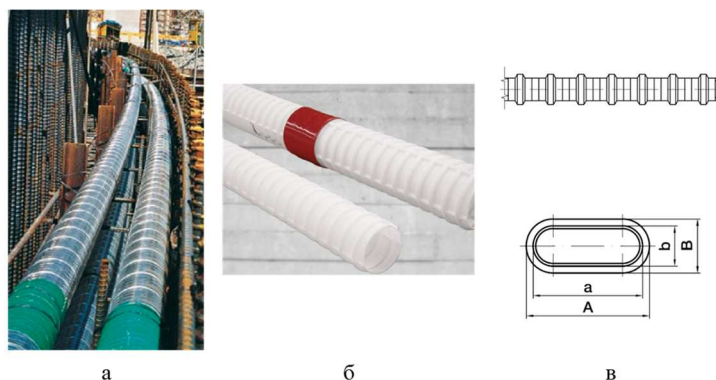


Рисунок 4 – Види каналотворювачів: а) круглий металевий; б) круглий пластиковий; в) плоский пластиковий

Канати виготовляються із семи окремих холоднокатаних дротів: 6 спірально накручених зовнішніх дротів навколо одного центрального.

Компанією DYWIDAG були розроблені три методи влаштування канатів в каналотворювачах, такі як: прошовхування, протягування, використання пучків попереднього збирання [3]. Вибір методу залежить від технологічних обмежень на будівельному майданчику.

Анкерування пучків в каналотворювачах відбувається за рахунок застосування різних типів анкерів, кожен з яких розроблений під конкретні цілі.

Досягнення проектного рівня напруження виконується при застосуванні гідравлічних домкратів та насосних станцій (рис. 5, 6). Необхідна універсальність досягається за рахунок змінних елементів, які роблять один комплект обладнання придатним до використання з різною кількістю канатів у пучку. Обладнання DYWIDAG створене для забезпечення широкої сфери застосування при величині зусилля натягу від 250 кН до 15000 кН [3].



Рисунок 5 – Домкрат для напруження канатів



Рисунок 6 – Насосні станції

Надійність та довговічність пост-напружених конструкції залежить, головним чином, від правильного ін'єктування каналотворювачів. Затверділий цементний розчин забезпечує зв'язок між бетоном конструкції та канатним пучком, а також первинний довготривалий захист від корозії для попередньо напруженої арматури. Роботи по ін'єктуванню у DYWIDAG базуються на застосуванні тиксотропного, сильно пластифікованого розчину з використанням відповідного обладнання (рис. 7).

Переваги системи пост-напруги порівняно з іншими технологіями (наприклад, порівняно з використанням металоконструкцій, ненапруженого залізобетону, збірних конструкцій заводського виготовлення):

- збільшується стійкість до дії вертикальних навантажень, а відповідно і довговічність конструкції;
- зменшується або усувається поява тріщин при усадці, тому потрібно влаштовувати менше робочих швів;
- тріщини, що виникають, не збільшуються;
- прискорюється процес формування перекриттів. Це стає можливим завдяки використанню стандартних конструкційних елементів для пост напруги, мінімальної завантаженості конструкції арматурою, використанню бетону високої міцності та швидкому зняттю опалубки після завершення пост напруги;
- скорочуються витрати пов'язані із формуванням та обслуговуванням оболонкових конструкцій, необхідних при створенні великих прольотів у традиційному армуванні;
- підвищується гнучкість об'ємно-планувальних рішень. універсальність конфігурації приміщень;
- підвищуються естетичні якості конструкцій;
- скорочується витрата бетону та сталі;
- знижуються сумарні витрати на будівництво.



Рисунок 7 – Обладнання для ін'єктування (замішування та нагнітання розчину)

Складання і монтаж напружених елементів може проводитись лише кваліфікованими підприємствами, що мають відповідне обладнання і досвід роботи із влаштування систем напруження. Призначений підприємством виконавець робіт на будівельному майданчику повинен бути сертифікованим власником ЕТА і мати відповідне посвідчення, що він пройшов навчання у власника ЕТА, отримав фахові знання, має необхідну компетентність та досвід роботи із системами напруження. На будівельному майданчику повинні враховуватись діючі національні норми та правила.

#### Перелік посилань

1. PTI, "Post-Tensioning Manual, 6th Edition," Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, 2006.
2. <http://eurocon.com.ua/ua/services/modern-technology.html>
3. DYWIDAG Bonded Post-Tensioning Systems using Strands.