

Мечислав Чеканович
Mechyslav Chekanovych

**ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ
З НАТЯГОМ АРМАТУРИ
НА БЕТОННУ СУМІШ**

**REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
WITH DURING-TENSIONING
ON THE CONCRETE MIX**

Монографія
Monograph



**ОЛДІ
ПЛУС**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Мечислав Чеканович

**ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ
З НАТЯГОМ АРМАТУРИ
НА БЕТОННУ СУМІШ**

Монографія

Одеса • 2024 • Олді+

УДК 691.328.1+693.955
3-23

Рецензенти:

Б. Г. Демчина – доктор технічних наук, професор Національного університету «Львівська політехніка»;

І. М. Добрянський – доктор технічних наук, професор Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 7 від 28 березня 2024 року)*

Залізобетонні конструкції з натягом арматури на бетонну суміш : монографія /
3-23 Мечислав Чеканович ; Херсонський державний аграрно-економічний університет. – Одеса : Олдї+, 2024. – 146 с.

ISBN 978-966-289-901-6

У монографії викладено метод попереднього обтиснення залізобетонних конструкцій – на бетонну суміш. Детально розглянуто технологічні способи реалізації методу.

Наведено методіку розрахунку міцності обтисненого бетону матрично-каркасної структури, подано рівняння напруженого стану арматурної сталі у вигляді неперервних математичних функцій для всього діапазону її роботи під навантаженням, а також аналітичне виведення рівнянь напружено-деформованого стану нормальних перерізів залізобетонних конструкцій круглого і кільцевого перерізів у межах прийнятих передумов.

Розглянуто приклад практичного виготовлення попередньо обтиснених залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш, висвітлено питання контролю якості.

Книга розрахована на фахівців у галузі будівництва і може бути корисна студентам будівельних спеціальностей.

УДК 691.328.1+693.955

© Мечислав Чеканович, 2024

ISBN 978-966-289-901-6

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2024

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

Mechyslav Chekanovych

**REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES
WITH DURING-TENSIONING
ON THE CONCRETE MIX**

Monograph

Odesa • 2024 • Oldi+

UDC 691.328.1+693.955

R38

Reviewers:

B. H. Demchyna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Lviv Polytechnic National University;

I. M. Dobrianskyi – Doctor of Technical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

*Recommended for publication by the Academic Council
of Kherson State agrarian and economic University
(Minutes 7 dated 28.03.2024)*

R38 Reinforced Concrete Structures with During-tensioning on the Concrete Mix :
Monograph / Mechyslav Chekanovych ; Kherson State agrarian and economic
University. – Odesa : Oldi+, 2024. – 146 p.

ISBN 978-966-289-901-6

Developing the existing methods of making prestressed concrete (post-tensioned and pre-tensioned), where the hardened strong concrete is tensioned, an original solution connected with prestress transfer on the placed concrete mix before its hardening has been offered.

After vibrodynamic compaction, the placed mix is under compression of the steel stress force, and it hardens under the pressure. All this leads to the concrete mix compaction, removing excess water and air from the mix, to eliminating macro- and partly microdefects of the mix structure, and to the restraining of destructive processes of concrete hardening. Steel prestressing is preserved, for after the compaction of specially proportioned concrete mix, rather a strong and rigid carcass of solid ingredients is formed, and the stressed steel is then fixed onto this carcass.

The technological realisation of concrete mix prestressing became possible after the author had invented original forms, moving during the compression, and devices for full or partial prestress transfer.

The necessary experimental research data were received. The analysis obtained allows us to define with sufficient accuracy the carrying capacity of such prestressed structures.

The level of research includes production implementation. At present, large 30-ton bridge elements of prestressed concrete made by compressing the unset concrete mix by the force of steel tensioning (during-tensioning) are successfully in use in Ukraine.

As a result of the complex of research and practical studies, we have received the opportunity to increase concrete strength up to 50–70 per cent, crack resistance being usual. This is achieved due to the compressing of unset concrete mix during the operations of steel tensioning.

UDC 691.328.1+693.955

© Mechyslav Chekanovych, 2024

ISBN 978-966-289-901-6

© Kherson State agrarian and economic University, 2024

ЗМІСТ

Передмова	7
-----------------	---

Розділ 1

Попередньо обтисні залізобетонні конструкції та їх властивості	9
---	---

<i>1.1. Способи створення попереднього напруження в залізобетонних конструкціях</i>	9
---	---

<i>1.2. Вплив попереднього обтиснення на фізико-механічні властивості бетону</i>	17
--	----

<i>1.3. Аналіз методів розрахунку несучої здатності обтиснених залізобетонних елементів</i>	25
---	----

<i>1.4. Висновки та завдання досліджень</i>	31
---	----

<i>Завдання досліджень</i>	32
----------------------------------	----

Розділ 2

Метод попереднього обтиснення залізобетонних конструкцій – на суміш	34
--	----

<i>2.1. Методи попереднього напруження залізобетонних конструкцій</i>	34
---	----

<i>2.2. Способи виготовлення залізобетонних елементів з натягом арматури на свіжоукладену бетонну суміш</i>	36
---	----

<i>2.3. Технологія виготовлення обтиснених стояків</i>	50
--	----

Розділ 3

Результати випробувань і їх аналіз	57
---	----

<i>3.1. Міцність і деформативність бетону та арматури</i>	57
---	----

<i>3.2. Результати випробувань залізобетонних балок</i>	68
---	----

<i>3.3. Результати випробувань залізобетонних колон</i>	77
---	----

Розділ 4

Методика розрахунку несучої здатності залізобетонних конструкцій

84

4.1. Міцність обтисненого бетону

матрично-каркасної структури

84

4.2. Рівняння напруженого стану арматурної сталі

94

4.3. Напружено-деформований стан залізобетонних

елементів круглого і кільцевого перерізів

103

4.4. Контроль якості

обтиснених залізобетонних конструкцій

114

Список використаних джерел

127

ПЕРЕДМОВА

Штучне середовище, початку третього тисячоліття, характеризується широким використанням бетонів як будівельних матеріалів. Домінуюче положення цементного бетону в будівництві пояснюється наявністю необмежених сировинних матеріалів у земній корі, порівняно низькою їх вартістю добрими фізико-механічними властивостями бетону. Крім того, суб'єктивна діяльність науковців і практиків по вдосконаленню високоміцних бетонів, поліпшенню їх фізико-механічних властивостей, забезпечує йому провідне місце серед будівельних матеріалів.

Кінцевим результатом низки удосконалень є раціональне застосування бетону в елементах і конструкціях будов. Поєднання позитивних якостей бетону й сталі в залізобетонних елементах забезпечило провідне місце матеріалу в несучих будівельних конструкціях. Застосування попереднього напруження в залізобетонних елементах дозволило людству мати відносно дешеві, тріщиностійкі й довговічні конструкції для будівель та споруд. Ще в першій половині двадцятого сторіччя були запропоновані два принципові методи попереднього напруження арматури й обтиснення бетону – «на упори» та «на затверділий бетон». На сьогодні існує не одна сотня пропозицій щодо реалізації цих методів. Більшість з них добре вивчені, і деякі з кращих застосовуються на практиці. Майже всі ці пропозиції можна об'єднати бодай за однією прикметою – як такі, що передбачають передачу попередньої напруги арматури на затверділий міцний бетон.

Можливості створення нових, більш ефективних способів попереднього напруження залізобетонних конструкцій у вузьких рамках одного принципу передачі зусилля попереднього напруження багато в чому вже вичерпані. На думку більшості фахівців, це спричинило до сповільнення прогресу у даному напрямі. В такій ситуації для розвитку необхідний якісний перехід до нових принципових положень щодо попередньо-напруженого бетону та залізобетону, який би створив прецедент для швидкого розквіту ідей та розробок.

Працюючи над цією проблемою, автор запропонував створювати попереднє напруження ще на стадії суміші компонентів цементного бетону. Тобто, не чекаючи затвердіння бетону, здійснювати передачу на нього зусилля попереднього обтиснення. При цьому бетонна суміш ущільнюється і твердне під тиском, що призводить до значного збільшення міцності бетону в конструкції. Попереднє напруження в арматурі зберігається, так як після ущільнення спеціально підібраного складу бетонної суміші створюється досить міцний і жорсткий каркас з твердих її компонентів, на який повністю або частково і закріплюється напружена арматура. Таким чином за одну технологічну операцію досягається подвійний ефект – ущільнення бетонної суміші обтисненням та натягання арматури. В результаті маємо достатню тріщиностійкість і високу міцність залізобетонних конструкцій.

Шлях до реалізації принципу передачі зусилля попереднього напруження на свіжоукладену бетонну суміш вимагає винайдення нових технологічних вирішень, створення оригінальних, рухомих при обтисненні, опалубних форм. На сьогодні така нова технологія вже доведена до практичного втілення у виробництво і застосовувалася для виготовлення великорозмірних залізобетонних елементів мостів.

РОЗДІЛ I

ПОПЕРЕДНЬО ОБТИСНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

1.1. Способи створення попереднього напруження в залізобетонних конструкціях

Перші спроби виготовлення попередньо напружених залізобетонних конструкцій відносяться до кінця ХУІІІ сторіччя. В 1886 році в Америці (заявка на патент США 875999), а згодом в 1888 році В. Дерінг (заявка на патент ДРП 535.48) в Німеччині запропонували залізобетонні елементи, в яких робоча арматура була попередньо напружена з метою попередження створення тріщин в розтягненій зоні бетону. Думку про створення протидії напруженням від зовнішнього навантаження напруженню в конструкції завдяки попередньому напруженню виклав Г. Мендль у Віденському журналі “Zeitschrift d. Oster. Ing. u. Arch. Ver” за 1896 рік.

З метою попередження утворення тріщин в бетоні І. Г. Лунд з Норвегії в 1905 році запропонував по краям плит перекриття розміщувати попередньо напружені сталеві стержні з нарізкою для анкерування [1; 2]. М. Кенен в 1906 році в Берліні виконав досліді з забетонованою в напруженому стані арматурою. За результатами випробувань встановлено підвищення величини навантаження, яке викликає появу тріщини.

В 1908 році К. Р. Штайнер в патенті США, 903909, запропонував порушувати зчеплення арматури з бетоном у ранньому вінці з тим, щоб після набуття бетоном достатньої міцності натягати стержні з більшим зусиллям. Пропозиція обмотувати бетонні труби напружена» сталевим дротом реалізувалася в 1910 році Циселером в Німеччині [3] та Зігвартом в Швейцарії.

В наведеній вище праці розглянуто метод попереднього обтиснення залізобетонних конструкцій на бетонну суміш, який дозволяє суттєво скоротити матеріаломісткість будов, зменшити витрати цементу до 25 відсотків і більше, порівняно з традиційно попередньо напруженими конструкціями. Позитивний ефект тут досягається за рахунок передачі зусилля попереднього напруження арматури на свіжоукладену бетонну суміш, внаслідок чого вона ущільнюється обтисканням і зміцнюється після затвердіння. Ефект підсилюється динамічним зовнішнім впливом на бетонну суміш. Все це призводить до утворення щільної матрично-каркасної структури бетону, здатної сприймати зусилля попереднього натягу арматури без значних деформацій.

В монографії розглянута методика виготовлення, розрахунку, а також питання виробничого впровадження обтиснених за методом на бетонну суміш залізобетонних конструкцій. Викладене базується на попередніх дослідженнях автором деформативності і міцності обтиснених цементних паст, розчинів, бетонних сумішей, на вивченні напружено-деформованого стану попередньо напружених за методом на суміш залізобетонних балок та колон. За даними експериментальних досліджень можна стверджувати, що самоорганізація структури бетону при попередньому обтисненні суміші, щільність бетону, якісне зчеплення його з арматурою, збереження зусилля попереднього напруження в арматурі стають запорукою високої міцності і ефективності запропонованих залізобетонних елементів. Досвід впровадження у виробництво збірних мостових елементів з попереднім обтисненням на бетонну суміш довів доцільність запропонованого методу.

Слід відзначити, що ступінь дослідженості проблеми характеризується чіткістю окреслення межі області доцільного застосування того чи іншого науково-технічного вирішення. Метод попереднього обтиснення на суміш обмежується в застосуванні необхідністю використання відносно складних рухомих опалубних форм, траверс, обладнання, складністю ущільнення бетонної суміші обтисканням в густоармованих конструкціях і елементах змінного перерізу. Теперішній рівень розробки методу дозволяє рекомендувати до серійного впровадження у виробництво:

а) масивні обтиснені залізобетонні і бетонні елементи, як з попереднім напруженням, так і без нього;

б) конструкції відносно простих форм і постійного або поступово змінного за довжиною перерізу; модуль поверхні таких конструкцій повинен бути якомога меншим, а переріз рекомендується у вигляді кола, еліпса, квадрату або прямокутника з заокругленими кутами;

в) конструкції з низьким вмістом арматури. До таких конструкцій належать залізобетонні колони і стояки, палі, масивні елементи фундаментів, деякі балки, камені бортові, товсті плити аеродромів і автошляхів, трамвайні й залізничні шпали, щогли тощо.

Можна сподіватися, що подальші експериментально-теоретичні дослідження і удосконалення методу попереднього обтиснення – на бетонну суміш дозволять розширити коло економічно доцільних обтиснених залізобетонних конструкцій, а серійний випуск вже перевірених практикою конструкцій, обтиснених за новим методом, буде сприяти подальшому прогресу у будівництві.

Наукове видання

ЧЕКАНОВИЧ Мечислав Геннадійович

ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ З НАТЯГОМ АРМАТУРИ НА БЕТОННУ СУМІШ

Монографія

Дизайн обкладинки В. Савельєва
Технічне редагування О. Гринюк
Верстка Ю. Семенченко



Підписано до друку 10.07.2024 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 8,49. Наклад 300.
Замовлення № 0524-82.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1,
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.

Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

