



Universitatea Tehnică a Moldovei

**CERCETAREA PLANȘEELOR POST-
TENSIONATE FĂRĂ ADERENȚĂ ÎN STRUCTURI
CU DESCHIDERI MARI.
(STRUCTURAL BEHAVIOR AND OPTIMIZATION
OF UNBONDED POST-TENSIONED SLABS IN
LARGE-SPAN FRAMEWORKS)**

Masterand:

Ter Artiom

Conducător:

Sârbu Teodor

conferențiar universitar

doctor în științe tehnice

Chișinău, 2025

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru

Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie

Admis la susținere:

Șef departament ICG, conf. univ., dr.

_____ **A. Taranenco**

“ ____ ” _____ **2025**

**CERCETAREA PLANȘEELEOR POST-
TENSIONATE FĂRĂ ADERENȚĂ ÎN STRUCTURI
CU DESCHIDERI MARI.
(STRUCTURAL BEHAVIOR AND OPTIMIZATION
OF UNBONDED POST-TENSIONED SLABS IN
LARGE-SPAN FRAMEWORKS)**

Teză de master

Student: _____ **Ter Artiom, IS-2301M**

Conducător: _____ **Sârbu Teodor, conf. univ., dr.**

Chișinău, 2025

REZUMAT

Lucrarea de masterat intitulată „Cercetarea planșelor post-tensionate fără aderență în structuri cu deschideri mari” realizată de Ter Artiom explorează soluții structurale moderne pentru optimizarea planșelor în clădiri cu deschideri mari. Studiul evidențiază utilizarea tehnologiei post-tensionării fără aderență și a platformelor avansate de modelare, precum CSI ETABS și Tekla Structures, pentru a analiza comparativ două tipuri de structuri: o structură clasică din beton armat monolit și o structură cu planșeu chesonat post-tensionat.

Lucrarea este structurată în trei capitole principale, fiecare abordând analiza literaturii de specialitate, metodologia de cercetare și rezultatele analizei comparative. Studiul subliniază avantajele comportamentului structural al soluțiilor post-tensionate, cum ar fi reducerea deformărilor și controlul fisurării, în ciuda costurilor de execuție mai mari cu 30% comparativ cu soluțiile clasice. Aceste costuri mai ridicate sunt justificate de beneficiile tehnice și funcționale oferite de soluția post-tensionată.

- **Număr de capitole:** 4
- **Număr de pagini:** 125
- **Număr de figuri:** 96
- **Număr de tabele:** 14
- **Număr de surse bibliografice:** 21

Cuvinte-cheie: post-tensionare, deschideri mari, planșee, CSI ETABS.

ABSTRACT

The master thesis titled “Research on Unbonded Post-Tensioned Slabs in Large-Span Frameworks” by Ter Artiom explores modern structural solutions for optimizing slabs in buildings with large spans. The study highlights the use of unbonded post-tensioning technology and advanced modeling platforms such as CSI ETABS and Tekla Structures to perform a comparative analysis of two types of structures: a conventional reinforced concrete structure and a structure with a post-tensioned waffle slab.

The thesis is structured into three main chapters, each addressing the literature review, research methodology, and the results of the comparative analysis. The study emphasizes the advantages of the structural behavior of post-tensioned solutions, such as reduced deformations and crack control, despite execution costs being 30% higher than conventional solutions. These higher costs are justified by the technical and functional benefits provided by the post-tensioned solution.

- **Number of chapters:** 4
- **Number of pages:** 125
- **Number of figures:** 96
- **Number of tables:** 14
- **Number of bibliographic sources:** 21

Keywords: post-tensioning, large spans, slabs, CSI ETABS

CUPRINS

• **Introducere**

Actualitatea și relevanța temei	Pag. 7
Scopul lucrării	Pag. 7
Obiectivele cercetării	Pag. 8
Metodologia cercetării	Pag. 8
Structura lucrării	Pag. 8

Capitolul 1: Analiza literaturii de specialitate și fundamente teoretice

1.1. Introducere	Pag. 10
1.2. Definierea și clasificarea structurilor cu deschideri mari	Pag. 10
1.3. Post-tensionarea fără aderență: principii și avantaje	Pag. 11
1.4. Tehnologia BIM și integrarea acesteia în proiectare	Pag. 16
1.5. Concluzie preliminară	Pag. 19

• **Capitolul 2: Metodologia de cercetare și procesul de modelare structurală**

2.1. Introducere	Pag. 20
2.2. Descrierea celor două structuri:	Pag. 21
2.3. Principiile de proiectare	Pag. 27

• **Capitolul 3: Rezultatele analizei și comparația soluțiilor structurale**

3.1. Analiza eforturilor structurale	Pag. 44
3.2. Analiza armării elementelor structurale	Pag. 56
3.3. Compararea consumului de materiale și a costurilor de execuție.	Pag. 63

Capitolul 4: Concluzii Generale și Recomandări

4.1. Concluzii generale	Pag. 74
4.2. Recomandări pentru implementare	Pag. 74
4.3. Direcții de cercetare ulterioară	Pag. 76

Bibliografie	Pag. 76
---------------------	---------

Anexe	Pag. 77
--------------	---------

INTRODUCERE

Tema tezei de master, „**Cercetarea planșelor post-tensionate fără aderență în structuri cu deschideri mari**”, abordează analiza potențialului unei tehnologii inovatoare recent implementate în Republica Moldova.. Planșeele post-tensionate fără aderență reprezintă o soluție modernă care poate răspunde cerințelor tot mai mari privind eficiența structurală și reducerea consumului de materiale. Structurile cu deschideri mari ridică provocări complexe din punct de vedere tehnic și economic, iar această cercetare are drept scop să evalueze în ce măsură tehnologia post-tensionării poate oferi un avantaj competitiv în raport cu soluțiile tradiționale. De asemenea, lucrarea analizează relevanța și aplicabilitatea acestei tehnologii pe piața locală, în contextul unei tendințe globale de adoptare a metodelor sustenabile și eficiente în construcții.

Actualitatea și relevanța temei

Evoluția arhitecturii contemporane și cerințele tot mai exigente ale beneficiarilor au generat o nevoie crescută de soluții structurale care să îmbine funcționalitatea cu eficiența economică. **Post-tensionarea fără aderență** oferă numeroase avantaje, printre care reducerea consumului de materiale, diminuarea greutateii proprii a structurii și creșterea capacității de încărcare. Totodată, tehnologia **BIM (Building Information Modeling)** permite integrarea eficientă a datelor, îmbunătățirea colaborării între echipele de proiectare și optimizarea procesului de execuție.

Lucrarea combină avantajele teoretice și practice ale post-tensionării fără aderență cu utilizarea tehnologiilor moderne, precum **CSI ETABS** și **Tekla Structures**, pentru analiza și optimizarea structurilor cu deschideri mari. Prin integrarea acestor instrumente, se asigură reducerea costurilor, diminuarea erorilor și creșterea eficienței în procesul de proiectare.

Scopul lucrării

În această lucrare se analizează tehnologia post-tensionării fără aderență, aplicată structurilor cu deschideri mari, precum planșeele chesonate. Se evaluează performanța și aplicabilitatea acestei tehnologii în raport cu structurile tradiționale, punând accent pe optimizarea consumului de materiale, reducerea deformărilor și eficiența structurală. Lucrarea evidențiază potențialul utilizării tehnologiei în Republica Moldova, în contextul tendințelor globale de adoptare a metodelor sustenabile și eficiente.

Obiectivele cercetării

Pentru realizarea scopului, vor fi dezvoltate următoarele obiective:

Analiza literaturii de specialitate privind tehnologiile de post-tensionare și implementarea soluțiilor **BIM** în proiectare.

1. Realizarea modelării și analizei structurale utilizând software-ul **CSI ETABS** pentru a evalua performanțele structurale ale planșeelor.
2. Crearea unui model detaliat al structurii în **Tekla Structures**, cu scopul de a analiza consumurile de materiale și a cuantifica necesitățile economice.
3. Compararea performanțelor tehnice și economice între structura clasică și cea post-tensionată, pentru a evidenția beneficiile utilizării tehnologiilor moderne.
4. Elaborarea unor concluzii și recomandări privind utilizarea planșeelor post-tensionate fără aderență în proiectarea structurilor cu deschideri mari.

Metodologia cercetării

Cercetarea va include o analiză teoretică, bazată pe surse relevante din literatura de specialitate, urmată de modelarea structurală și economică a celor două tipuri de structuri. Instrumentele software utilizate – **CSI ETABS** pentru analiza comportamentului structural și **Tekla Structures** pentru modelare detaliată – vor asigura un cadru precis și eficient de investigare. În plus, metodologia integrează analiza comparativă a datelor obținute pentru a evidenția beneficiile soluțiilor moderne.

Structura lucrării

Lucrarea este organizată în patru capitole principale:

1. **Capitolul 1** prezintă analiza literaturii de specialitate, contextul temei și fundamentele teoretice ale post-tensionării fără aderență.
2. **Capitolul 2** descrie metodologia de cercetare, incluzând modelarea structurală și analiza economică a structurilor.
3. **Capitolul 3** se concentrează pe rezultatele cercetării, analiza comparativă și concluziile obținute.

4. **Capitolul 4** oferă concluziile finale și recomandările, sintetizând avantajele utilizării soluțiilor post-tensionate în proiectarea structurilor cu deschideri mari.
5. **Anexa** include planuri, calcule detaliate și alte informații relevante pentru susținerea concluziilor prezentate în lucrare.

Această lucrare își propune să contribuie la dezvoltarea cunoștințelor în domeniul proiectării structurilor cu deschideri mari, demonstrând importanța utilizării tehnologiilor moderne în construcții. Prin integrarea instrumentelor software și a metodologiilor avansate, se oferă o soluție practică și eficientă pentru provocările din domeniul ingineriei civile.

CAPITOLUL 4: CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Acest capitol oferă o sinteză a principalelor concluzii și rezultate ale tezei, evidențiind contribuțiile aduse și aplicabilitatea soluțiilor studiate. De asemenea, sunt prezentate recomandări pentru implementarea structurilor analizate și posibile direcții de cercetare ulterioară.

4.1 Concluzii generale

Obiectiv 1: Analiza literaturii de specialitate privind tehnologiile de post-tensionare și implementarea soluțiilor BIM în proiectare

Răspuns: Analiza literaturii a demonstrat că tehnologiile de post-tensionare sunt esențiale pentru realizarea structurilor cu deschideri mari, datorită capacității lor de a minimiza deformările și de a crește rigiditatea structurală. Totodată, aceste tehnologii contribuie la o utilizare mai eficientă a materialelor în planșee, chiar dacă impun un cost inițial mai ridicat. Implementarea soluțiilor BIM a facilitat coordonarea procesului de proiectare, reducând semnificativ erorile de execuție și îmbunătățind integrarea între disciplinele tehnice. Aceasta a permis o optimizare a proceselor, ceea ce este vital în gestionarea proiectelor complexe.

Obiectiv 2: Realizarea modelării și analizei structurale utilizând software-ul CSI ETABS pentru a evalua performanțele structurale ale planșeelor

Răspuns: Modelarea structurală a evidențiat performanțele superioare ale planșeelor post-tensionate comparativ cu cele tradiționale. Acestea oferă o rigiditate mai mare și un control superior al deformărilor, fiind ideale pentru structuri cu cerințe tehnice ridicate. În plus, planșeele post-tensionate au distribuit sarcinile într-un mod mai eficient, reducând concentrațiile de efort în zone critice. Rezultatele obținute confirmă faptul că aceste planșee sunt potrivite pentru proiecte care implică deschideri mari, unde performanța structurală este esențială.

Obiectiv 3: Crearea unui model detaliat al structurii în Tekla Structures, cu scopul de a analiza consumurile de materiale și a cuantifica necesitățile economice

Răspuns: Modelarea detaliată realizată în Tekla Structures a oferit un nivel ridicat de precizie și eficiență în analiza consumurilor de materiale. Fiecare element al structurii a fost modelat cu detalii complete, ceea ce a permis generarea automată a specificațiilor tehnice, cum ar fi cantitățile exacte de beton, oțel și cofraj. Această precizie a facilitat realizarea unor concluzii

economice relevante încă din etapa de proiectare conceptuală, înainte de a ajunge la desenele tehnice. De asemenea, posibilitatea de a analiza diferite scenarii și variante direct în modelul digital a redus timpul necesar pentru luarea deciziilor și a îmbunătățit procesul de optimizare a resurselor. Tekla Structures a demonstrat astfel că este un instrument esențial pentru evaluarea economică timpurie, oferind o bază solidă pentru planificarea investițiilor și optimizarea proiectului.

Obiectiv 4: Compararea performanțelor tehnice și economice între structura clasică și cea post-tensionată, pentru a evidenția beneficiile utilizării tehnologiilor moderne

Răspuns: Compararea efectuată a arătat diferențe semnificative între cele două tipuri de structuri. Structura standard, utilizând armături pasive și un consum optimizat de materiale, rămâne soluția mai accesibilă din punct de vedere economic. Pe de altă parte, structura post-tensionată, deși mai costisitoare, se remarcă prin performanța sa tehnică, incluzând rigiditate crescută, control al deformărilor și o mai bună adaptabilitate la proiectele cu deschideri mari. Alegerea între cele două tipuri de structuri depinde de prioritățile proiectului: performanța tehnică pe termen lung versus optimizarea costurilor inițiale. Structura post-tensionată este recomandată pentru proiectele în care cerințele de rezistență și performanță structurală sunt critice.

4.2 Recomandări pentru implementare

1. Alegerea soluției constructive:

- Structura standard este ideală pentru proiecte cu buget limitat sau cu cerințe tehnice mai simple.
- Structura post-tensionată este recomandată pentru proiecte complexe, cu deschideri mari, unde rigiditatea și reducerea deformărilor sunt esențiale.

2. Optimizarea execuției:

- Implementarea metodei fâșiilor pentru analiza eforturilor poate contribui la reducerea consumului de materiale, chiar și în structura standard.
- Folosirea tehnologiilor BIM pentru gestionarea și optimizarea proiectelor poate reduce erorile și pierderile de materiale.

4.3 Direcții de cercetare ulterioară

1. **Analiza structurilor mixte:** Studiarea structurilor care combină elemente clasice și post-tensionate pentru a optimiza consumurile și costurile.
2. **Comportamentul seismic:** Evaluarea performanței structurilor post-tensionate sub acțiuni seismice, pentru a determina avantajele suplimentare în zone cu risc ridicat.
3. **Integrarea sustenabilității:** Investigarea materialelor alternative (beton verde, armături reciclate) pentru reducerea impactului asupra mediului.

Concluzie finală

Teza de față oferă o bază solidă pentru înțelegerea diferențelor tehnice și economice dintre structurile standard și post-tensionate, subliniind avantajele și limitările fiecărei soluții. Alegerea tipului de structură trebuie să fie făcută în funcție de cerințele proiectului, de constrângerile economice și de performanța dorită.

BIBLIOGRAFIE:

1. **С.Б. Крылов, Е.А. Чистяков, С.А. Зенин, Б.С. Соколов, Р.Ш. Шарипов, О. В. Кудинов.** Методическое пособие: КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОНОЛИТНЫЕ С НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРОЙ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ С БЕТОНОМ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ. 2017;
2. **ACI Committee 318.** BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE (ACI 318-02) AND COMMENTARY (ACI 318R-02). 2002;
3. **CEN national Members.** Eurocode 2 (EN 1992-1-1:2004): Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. 2004;
4. **Ibrahim Mohammad Arman.** Prestressed Concrete Manual. Computer Applications SAP2000, ETABS, SAFE. First Edition. 2018
5. **European Assessment Document.** EAD 160004-00-0301. POST-TENSIONING KITS FOR PRESTRESSING OF STRUCTURES. 2016.
6. **Computers & Structures, INC.** Post-Tensioned Concrete Slab Design Manual. 2016.
7. **The Concrete Society.** Post-tensioned concrete floors Design Handbook. Report of a Concrete Society Working Party. Report No. 43. Second Edition. 2005
8. **Sami Khan, Martin Williams.** POST-TENSIONED CONCRETE FLOORS. 1995.
9. **Post-Tensioning Institute.** Post-Tensioning Manual. Sixth Edition. 2006;

10. **Osama Khalid Abdelaziz, Hany Ahmed Abdalla.** Cost Evaluation of Post-tensioned Slabs in Multi-story Buildings Considering Seismic Effect. 2021;
11. **Bijan O. Aalami.** Post-Tensioning in Building Construction. 2023.
12. **Bijan o. Aalami.** Post-Tensioned Buildings. Design and Construction. 2014;
13. **Institution of Structural Engineers.** Manual for the design of reinforced concrete building structures to EC2. 1995;
14. **Zotan Kiss, Traian Oneț.** Proiectarea structurilor de beton după SR EN 1992-1.
15. **EN 1990:2004 Eurocode 0:** Bazele proiectării structurilor.
16. **EN 1991-1-1:2004 Eurocode 1:** Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-1: Încărcări permanente și utilizare.
17. **EN 1991-1-3:2004 Eurocode 1:** Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-3: Încărcări din zăpadă.
18. **EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1:** Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-4: Acțiuni din vânt.
19. **EN 1998-1:2004 Eurocode 8:** Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur - Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri.
20. **SM EN 1991-1-3 Partea 1-3:** Acțiuni generale – Încărcări date de zăpadă Anexă națională.
21. **SM EN 1991-1-4 Partea 1-4:** Acțiuni generale – Acțiuni ale vântului Anexa națională.