

АНОТАЦІЯ

Єфіменко О.І. Напружено-деформований стан та несуча здатність стиснутих сталезалізобетонних елементів, армованих сталевими листами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія (19 «Архітектура і будівництво»). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Дисертаційна робота присвячена дослідженню напружено-деформованого стану та несучої здатності стиснутих сталезалізобетонних елементів, армованих сталевими листами в залежності від висоти і ексцентриситету прикладення навантаження та розробці інженерних методів їх розрахунку.

У розділі 1 «Загальні відомості про сталезалізобетонні конструкції та їх дослідження» розглянутий та проаналізований сучасний стан сталезалізобетонних конструкцій, наведено їх переваги та недоліки, сформувані задачі дослідження. У зв'язку з активним розвитком будівництва розширюється сфера застосування сталезалізобетону як економічної та прогресивної конструкції, тому виникає необхідність дослідження напружено-деформованого стану стиснутих елементів із зовнішнім армуванням сталевими листами. Для раціональної роботи арматури, сталевих прокатних профілів й бетону їх сполучення може бути досить різноманітним. Відмічено, що при роботі на стиск достатньо ефективними є сталезалізобетонні конструкції із зовнішнім листовим армуванням.

У розділі 2 «Методика експериментальних досліджень та фізико – механічні властивості прийнятих матеріалів» складено програму експериментальних досліджень з урахуванням вивчення впливу на несучу здатність і деформації сталезалізобетонних елементів різних параметрів: висоти елемента, ексцентриситету прикладання зусилля, виду армування. Наведено структурно-логічну схему експериментальних досліджень, розроблено схеми конструкцій дослідних зразків та технологію їх виготовлення, описано методику проведення експерименту, проведено випробування бетонних кубів, призм, сталевих смужок,

арматурних стержнів для визначення фізико-механічних властивостей вихідних матеріалів.

У розділі 3 «Результати експериментальних досліджень несучої здатності та деформативності сталевих елементів із листовим армуванням» досліджено характер руйнування, визначено несучу здатність, наведено деформації та переміщення сталезалізобетонних елементів армованих сталевими листами. Побудовано залежність несучої здатності випробуваних сталезалізобетонних зразків з листовим армуванням від висоти елемента, наведено фотографії характеру руйнування дослідних зразків, встановлено залежність несучої здатності від висоти та прикладеного ексцентриситету. Проаналізовано залежність відносних деформацій у бетоні та листовому армуванні від навантаження для дослідних зразків, визначено їх прогини. Вирахувана залежність між навантаженнями і поздовжніми деформаціями та залежність між навантаженнями і вигинами для всіх дослідних зразків.

У розділі 4 «Дослідження і порівняльний аналіз напружено-деформованого стану сталезалізобетонних конструкцій за допомогою методу скінченних елементів» викладено передумови для розрахунку, змодельовані сталезалізобетонні елементи із зовнішнім армуванням листами, наведено результати чисельного моделювання дослідних зразків, побудовано і показано порівняння деформованої схеми конструкцій з аналогічними експериментальними зразки, побудовані залежність між напружень в бетоні та металі. Всі розрахунки наведені в таблиці, за допомогою якої проаналізувавши результати досліджень роботи сталезалізобетонних стрижневих конструкцій, армованих листами за допомогою методу скінченних елементів показано, що теоретичні значення несучої здатності N_1 відрізняються від експериментальних на 5,7-9,9%.

У розділі 5 «Розрахунок та проектування стиснутих сталезалізобетонних конструкцій армованих сталевими листами» наведено розрахунок сталезалізобетонних конструкцій з листовим армуванням за зведеним до сталі перерізом, розрахунок сталезалізобетонних стійок на центральний та позацентровий стиск з урахуванням втрати стійкості, проведено проектування

сталезалізобетонних конструкцій армованих листами, розроблено порівняння техніко-економічної ефективності запроектованих колон з типовими залізобетонними. За наведеною методикою розрахунку по приведеним перерізам були проведені дослідження експериментальних конструкцій, результати якого показали, що значення несучої здатності відрізняється на 4,7-8,8% від експериментальних. За результатами проектування одноповерхової виробничої будівлі розроблено креслення сталезалізобетонних колон армованих листами висотою 9,6, 8,4, 7,2 метрів. Приведені затрати на одиницю виробу сталезалізобетонних конструкцій армованих листами показують, що їх використання доцільно при висоті колони більше 7,2 м.

Ключові слова: Напружено-деформований стан, сталезалізобетонні елементи, несуча здатність, ексцентриситет, гнучкість, перше граничне зусилля N_1 , друге граничне зусилля N_2 , листове армування.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ НАВЕДЕНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Comparison of results of experimental research of flexible rod composite reinforced concrete structure with sheet steel framework / L. Storozhenko, S. Murza, M. Beznigaev, O. Efimenko // Inzynieria bezpieczenstwa: Budoownictwo № 3/2016 (4) / – Warszawa, Poland. – 2016. – С. 34 – 37.
2. Стороженко Л.І. Дослідження несучої здатності стиснутих залізобетонних елементів, армованих сталевими листами / Л.І. Стороженко, С.О. Мурза, О.І. Єфіменко // International research and practice conference: «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences» (December 27–28, 2017). – Radom, Republic of Poland. – С. 129 – 133.
3. Leonid Storozhenko. Compressed Flexible Steel Reinforced Concrete Elements Investigation Leonid Storozhenko, Pavlo Semko, Olena Yefimenko // International Journal of Engineering & Technology, 7 (3.2) (2018) Pages: 436-441. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14567

4. Storozhenko L.I. Capacity flexible compressed reinforced concrete elements reinforced with steel sheets / L.I. Storozhenko, S.O. Murza, O.I. Yefimenko // Зб. наук. праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 1 (50). – Полтава: ПолтНТУ, 2018. – С. 79 – 87. <https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1062>
5. Yefimenko O.I. Engineering method for calculating steel-reinforced concrete elements with flexibility /O.I. Yefimenko // Зб. наук. праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (53). – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 85 – 89. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53>
6. Стороженко Л.І. Чисельне моделювання сталезалізобетонних елементів методом скінченних елементів / Л.І. Стороженко, П.О. Семко, О.І. Єфіменко // Зб. наук. праць: Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Вип. 9. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – С. 129 – 135. (ф.)
7. *Стороженко Л.І. Високоміцні бетони нового покоління / Л.І. Стороженко, О.І. Єфіменко, М.О. Безнігаєв // Зб. наук. праць за матер. III Всеукраїнської Інтернет-конференції молодих учених студентів «Проблеми сучасного будівництва». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 147 – 148.*
8. Єфіменко О.І. Програма експериментальних досліджень стиснутих конструктивних елементів із високоміцного бетону, армованих сталевими листами / О.І. Єфіменко // Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 246 – 247.
9. Стороженко Л.І. Деформований стан стиснутих гнучких сталезалізобетонних елементів за результатами експериментальних досліджень // Л.І. Стороженко, П.О. Семко, О.І. Єфіменко // Тези 70-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 264 – 265.
10. Стороженко Л.І. Конструювання сталезалізобетонних стійок з листовим армуванням / Л.І. Стороженко, О.І. Єфіменко // Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів

університету (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.). – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – Т. 1. – С. 406 – 407.

11. Єфіменко О.І. Інженерний метод розрахунку стиснутих гнучких сталезалізобетонних елементів з листовим армуванням / О.І. Єфіменко // Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.). – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – Т. 1.– С. 425 – 426.

ANNOTATION

Yefimenko O.I. Stress-strain state and bearing capacity of compressed steel-reinforced concrete elements reinforced with steel sheets. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) on specialty 192 - Construction and Civil Engineering (19 «Architecture and Construction»). – National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, 2020.

The dissertation is devoted to the development of the stress - strain state and bearing capacity of compressed reinforced concrete elements, reinforced with steel sheets, depending on the height and eccentricity of application of load and development of engineering methods for their calculation.

In section 1 "General information about reinforced concrete structures and their research" the current state of reinforced concrete structures is considered and analyzed, their advantages and disadvantages are given, the research tasks are formed. Due to the active development of construction, the scope of application of reinforced concrete as an economic and progressive structure is expanding, so there is a need to study the stress-strain state of compressed elements with external reinforcement of steel sheets. For rational work of armature, steel rolled profiles and concrete their combination can be rather various. It is noted that when working on compression, reinforced concrete structures with external sheet reinforcement are quite effective.

In section 2 «Methods of experimental researches and physical and mechanical properties of accepted materials» the program of experimental researches is made taking into account studying of influence on bearing capacity and deformations of reinforced concrete elements of various parameters: height of element, eccentricity of effort, kind of reinforcement. The structural-logical scheme of experimental researches is given, the schemes of designs of prototypes and the technology of their manufacture are developed, the technique of carrying out the experiment is described, tests of concrete cubes, prisms, steel strips, reinforcing bars were conducted to determine the physical and mechanical properties of the starting materials.

In section 3 "The results of experimental studies of the load-bearing capacity and deformability of steel elements with sheet reinforcement" the nature of the destruction was investigated, bearing capacity is determined, deformations and displacements of reinforced concrete elements reinforced with steel sheets are given. The dependence of the load bearing capacity of the tested reinforced concrete samples with sheet reinforcement on the height of the element is constructed, photographs of the nature of the destruction of the prototype are given, the dependence of bearing capacity on height and applied eccentricity was established. The dependence of relative deformations in concrete and sheet reinforcement on the load for prototypes is analyzed, their deflections are determined. The relationship between loads and longitudinal deformations and the relationship between loads and bends for all test specimens are calculated.

In section 4 "Research and comparative analysis of the stress-strain state of reinforced concrete structures using the finite element method" the preconditions for calculation are stated, the reinforced concrete elements with external reinforcement by sheets are modeled, the results of numerical modeling of experimental samples are resulted, the comparison of the deformed scheme of designs with similar experimental samples is constructed and shown, the dependence between stresses in concrete and metal is constructed. All calculations are given in the table, which analyzed the results of studies of reinforced concrete rod structures reinforced with sheets using the finite

element method, it is shown that the theoretical values of bearing capacity N_1 differ from the experimental ones on 5,7-9,9%.

In section 5 "Calculation and design of compressed reinforced concrete structures reinforced with steel sheets" the calculation of reinforced concrete structures with sheet reinforcement by the cross-section, calculation of reinforced concrete racks for central and off-center compression, taking into account the loss of resistance, design of reinforced concrete structures reinforced with sheets, a comparison of the technical and economic efficiency of the designed columns with typical reinforced concrete is developed. According to the method of calculation on the given sections, studies of experimental designs were carried out, the results of which showed that the value of bearing capacity differs by 4,7-8,8% from experimental. Based on the results of designing a one-storey industrial building, drawings of reinforced concrete columns reinforced with sheets of height were developed 9,6; 8,4; 7,2 meters were developed. The cost per unit of steel reinforced concrete structures reinforced with sheets shows that their use is advisable when the height of the column is more than 7.2 m.

Key words: stress-strain state, reinforced concrete elements, carrying capacity, eccentricity, flexibility, the first boundary effort of N_1 , друге граничне зусилля N_2 , sheet reinforcement.

THE RESEARCHER LIST OF PUBLICATION WHICH CONTAIN THE MAIN SCIENTIFIC RESULTS OF THIS DISSERTATION

1. Comparison of results of experimental research of flexible rod composite reinforced concrete structure with sheet steel framework / L. Storozhenko, S. Murza, M. Beznigaev, O. Efimenko // Inzynieria bezpieczenstwa: Budoownictwo № 3/2016 (4)/ – Warszawa, Poland. – 2016. – P. 34 – 37.
2. Стороженко Л.І. Investigation of bearing capacity of compressed reinforced concrete elements reinforced with steel sheets / L.I. Storozhenko, S.O. Murza, O.I. Yefimenko// International research and practice conference: «Modern methods,

innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences» (December 27–28, 2017). – Radom, Republic of Poland. – P. 129 – 133.

3. Leonid Storozhenko. Compressed Flexible Steel Reinforced Concrete Elements Investigation Leonid Storozhenko, Pavlo Semko, Olena Yefimenko // International Journal of Engineering & Technology, 7 (3.2) (2018) Pages: 436-441. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14567 Published on: 20-06-2018

4. Storozhenko L.I. Capacity flexible compressed reinforced concrete elements reinforced with steel sheets / L.I. Storozhenko, S.O. Murza, O.I. Yefimenko // Collection of scientific works. Series: Industry Engineering, Construction. Publication 1 (50). – Poltava: PoltNTU, 2018. – P. 79 – 87. <https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1062>

5. Yefimenko O.I. Engineering method for calculating steel-reinforced concrete elements with flexibility /O.I. Yefimenko // Collection of scientific works. Series: Industry Engineering, Construction. Publication 2 (53). – Poltava: PoltNTU, 2019. – P. 85 – 89. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53>

6. Storozhenko L.I. Numerical modeling of reinforced concrete elements by finite element method / L.I. Storozhenko, P.O. Semko, O.I. Yefimenko // Collection of scientific works: Modern technologies and methods that work in construction. Publication 9. – Lutsk: Lutsk NTU, 2018. – P. 129 – 135.

7. Storozhenko *L.I.* New generation high-strength concrete / *L.I.* Storozhenko, *O.I. Yefimenko*, *M.O. Beznigaev* // Proceedings of the III All-Ukrainian Internet Conference of Young Scientists «Problems of modern construction». – Poltava: PoltNTU, 2016. – P. 147 – 148.

8. Yefimenko O.I. Experimental Research Program for Compressed High-Strength Concrete Structural Steel Reinforced Concrete Structures / O.I. Yefimenko // Theses of the 69 scientific conference of professors, teachers, researchers, graduate students and students of the university. – Poltava: PoltNTU, 2017. – P. 246 – 247.

9. Storozhenko *L.I.* Deformed state of compressed flexible reinforced concrete elements according to the results of experimental studies in. // *L.I.* Storozhenko, *P.O. Semko*, *O.I. Yefimenko* // Theses of the 70th scientific conference of

professors, teachers, researchers, graduate students and students of the university.–
Poltava: PoltNTU, 2017. – P. 264 – 265.

10. Storozhenko *L.I.* Design of reinforced concrete racks with sheet reinforcement/ L.I. Storozhenko, O.I. Yefimenko //Theses of the 71th scientific conference of professors, teachers, researchers, graduate students and students of the university.– Poltava: PoltNTU, 2019. – T. 1. – P. 406 – 407.

11. Yefimenko O.I. Engineering Method for Calculating Compressed Flexible Reinforced Concrete Elements with Sheet Reinforcement / O.I. Yefimenko // Theses of the 71th scientific conference of professors, teachers, researchers, graduate students and students of the university.– Poltava: PoltNTU, 2019. – T. 1.– P. 425 – 426.