

UDC 624.012.25

Andriichuk O.V, Ph.D. in Engineering

Lutsk National Technical University / Ukraine

APPLICATION OF PROGRAMMATIC COMPLEX LYRE AT RESEARCH OF TENSE DEFORMED STATE OF NONPRESSURE PIPE FROM STEELFIBRECONCRETE

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ЛІРА ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БЕЗНАПІРНОЇ ТРУБИ ЗІ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

Abstract: In the article is described the modeling of experimental researches of nonpressure pipes, as elements of circular cut from steelfibreconcrete at the action disposable load by means of programmatic complex Lyre 9.4. An algorithm is given of calculation and comparing with experimentally obtained data.

Анотація: В статті описано моделювання експериментальних досліджень безнапірних труб, як елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону при дії одноразових навантажень за допомогою програмного комплексу Ліра 9.4. Подано алгоритм проведення розрахунку та здійснено порівняння з експериментально отриманими даними.

Keywords: Steelfibreconcrete, elements of circular cut, nonpressure pipes, PC Lyre.

Ключові слова: Сталевібробетон, елементи кільцевого перерізу, безнапірні труби, ПК Ліра.

INTRODUCTION

Efficiency of application of steelfibreconcrete in building constructions can be arrived at due to the labour cost cutting on armature works, combinations of technological operations on preparation, reinforcement, laying and compaction of steelfibreconcrete mixture, extending deadline of exploitation of constructions and lower costs cutting on the different types of permanent repair. Application of it instead of the reinforced concrete considerably reduction material capacity of constructions at simultaneous to the increase of operating properties, longevity, temperature stability, watertightness.

ВСТУП

Ефективність застосування сталевібробетону в будівельних конструкціях може досягатися за рахунок зниження трудовитрат на арматурні роботи, суміщення технологічних операцій на приготування, армування, укладання та ущільнення сталевібробетонної суміші, продовження терміну експлуатації конструкцій і зниження витрат на різні види поточного ремонту. Застосування його замість залізобетону значно знижує матеріаломісткість конструкцій при одночасному підвищенню експлуатаційних властивостей, довговічності, температуростійкості, водонепроникності.

MAIN ARTICLE

For the receipt of steelfibreconcret to concrete mixture - matrices were added steel fibres with anchor ends. Fiber diameter was 0.8 mm, their length - 50 mm. General view of the test, that were brought based on laboratory building of Lutsk NTU presented in Figure 1.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

Для отримання сталевібробетону до бетонної суміші – матриці додавалися сталеві фібри з анкерними кінцями. Діаметр фібр становив 0,8 мм, їхня довжина – 50 мм. Загальний вигляд випробувань, що були приведені на базі будівельної лабораторії Луцького НТУ представлено на рис. 1.

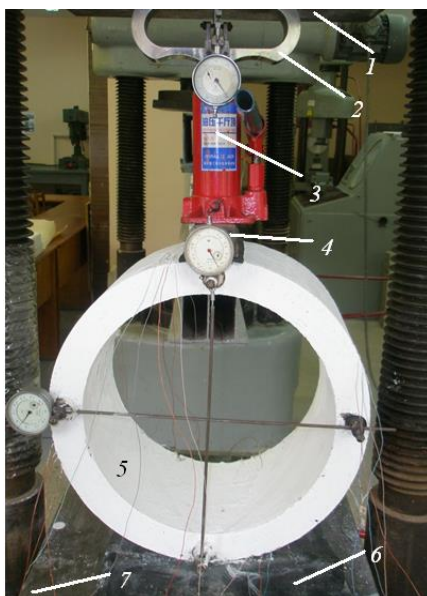


Fig. 1. General view of test of elements of circular cut, *authors'*: 1 - upper base plate press PSU-125; 2 – dynamometer sample; 3 – jack; 4 – metallic traverse; 5 – research sample of circular cut; 6 – rubber carpet; 7 – lower base plate press PSU-125 / *Загальний вигляд випробування елементів кільцевого перерізу, авторська розробка*: 1 – верхня опорна плита пресу ПСУ-125; 2 – зразковий динамометр; 3 – домкрат; 4 – металева траверса; 5 – дослідний зразок кільцевого перерізу; 6 – гумовий килим; 7 – нижня опорна плита пресу ПСУ-125

At this stage of development of science and technology, and taking into account all-embracing computerization of most productive processes, actual is a question of realization in parallel with the model (a stand) tests of building constructions of computer design of work of these constructions, and research of them by means of the application programs. One of basic methods on the basis of that most application programs are written for realization of corresponding researches there is a method of finite elements. This method is used during the calculation of linear and nonlinear tasks in the different areas of science of technical direction.

To date created and used by a significant number of software based on the finite element method, namely: ANSYS, PLAXIS, Code_Aster, DSM FEM, Deal.II, Elmer FEM solver, Femap, Comsol, FreeFEM++, GetDP, Impact, LibMesh, LSDYNA, MatLab, MicroFe, Nastran, QForm 2D/3D, RFEM, SCAD, Zebulon, ЛИРА.

Presently most scientists and researchers of our state, that engage in a study and improvement of building to the construction draw on a programmatic complex (PC) ЛИРА, that purchased high popularization. In particular this matter was dealt with Babich, E.M. [5], Pasternak, I.M. [11], Kinash, R. [9], Grigorchuk, AB [8], Marienkov, NG [10]. The author considers the problems of this issue in papers [1, 2, 3, 4].

For calculations used a programmatic complex Lyre 9.4 developments of NDIASB, Kyiv. Simulation of research sample (elements of circular cut) was conducted physically by nonlinear finitel by volume

На даному етапі розвитку науки та техніки, та враховуючи всеохоплюючу комп'ютеризацію більшості виробничих процесів, актуальним є питання проведення паралельно з натурними (стендовими) випробуваннями будівельних конструкцій комп'ютерного моделювання роботи даних конструкцій, та дослідження їх за допомогою прикладних програм. Одним із основних методів на основі якого написані більшість прикладних програм для проведення відповідних досліджень є метод скінченних елементів. Даний метод застосовується під час розрахунку лінійних та нелінійних задач в різних галузях науки технічного напрямку.

На сьогоднішній день створено та використовується значна кількість програмного забезпечення, що основане на методі скінченних елементів, а саме: ANSYS, PLAXIS, Code_Aster, DSM FEM, Deal.II, Elmer FEM solver, Femap, Comsol, FreeFEM++, GetDP, Impact, LibMesh, LSDYNA, MatLab, MicroFe, Nastran, QForm 2D/3D, RFEM, SCAD, Zebulon, ЛИРА.

В даний час більшість науковців та дослідників нашої держави, що займаються вивченням та покращенням будівельних конструкції використовують програмний комплекс (ПК) ЛИРА, що набув високої популяризації. Зокрема цим питанням займались Баби́ч, Е.М. [5,6], Пастернак, І.М. [11], Кінаш, Р. [9], Григорчук, А.Б. [8], Марьєнков, Н.Г. [10]. Автором розглянуто проблематику даного питання у роботах [1, 2, 3, 4].

Для розрахунків використовувався програмний комплекс Ліра 9.4 розробки НДІАСБ, м. Київ. Моделювання роботи дослідних зразків (елементів

elements № 236 (universal spatial 8-angular isoparametric CE).

To this end the design of element of circular cut is executed with the set sizes (fig. 2).

Triangulation is conducted on eventual elements coming from terms:

- the wall of pipe on a thickness is broken up on four layers (at $t_{st} = 40$ mm the thickness of one layer will present $t_{sl} = 10$ mm. Within the limits of one layer accepted, that one finite element is in thick accordingly $t = 10$ mm;

- length of circle on the axial radius of element of circular cut presents $l_k = 107$ cm. It is broken up on finite elements with length of side for $l_{ce} = 10$ mm. Be 107 finite elements on an axial radius.

- the length of elements of circular cut of $l = 290$ mm (in the first series) and $l = 200$ mm (in the second series). On length of pipe breakdown on finite elements is executed with a condition, that length of every finite element of $l = 10$ mm (that finite elements will have a cube geometrical form). 29 eventual elements (for the first series) and 20 eventual elements (for the second series) will be accommodated in direction of length of element of circular cut.

After modeling element and partitioning it into finite elements - asked mechanical characteristics, that answer the real properties of materials from that it is made with the using of physical nonlinearity.

кільцевого перерізу) проводилося фізично нелінійними скінченними об'ємними елементами № 236 (універсальними просторовими 8-кутовими ізопараметричними KE).

З цією метою виконано моделювання елемента кільцевого перерізу з заданими розмірами (рис. 2).

Проведено триангуляцію на кінцеві елементи виходячи з умов:

- стінка труби по товщині розбивається на чотири шари (при $t_{cm} = 40$ мм товщина одного шару становитиме $t_w = 10$ мм). В межах одного шару приймається, що знаходиться один скінченний елемент товщиною відповідно $t = 10$ мм;

- довжина кола по осьовому радіусу елемента кільцевого перерізу становить $l_k = 107$ см. Вона розбивається на скінченні елементи з довжиною сторони по $l_{ce} = 10$ мм. Буде 107 скінченних елементів по осьовому радіусу.

- довжина елементів кільцевого перерізу $l = 290$ мм (в першій серії) та $l = 200$ мм (в другій серії). По довжині труби розбивка на скінченні елементи виконується з умовою, що довжина кожного скінченного елемента $l = 10$ мм (тобто скінченні елементи матимуть кубічну геометричну форму). В напрямку довжини елемента кільцевого перерізу буде розміщено 29 скінченних елементів (для першої серії) та 20 скінченних елементів (для другої серії).

Після моделювання елемента та розбивки його на скінченні елементи - задаються механічні характеристики, що відповідають реальним властивостям матеріалів з яких він виготовляється з використанням фізичної нелінійності.

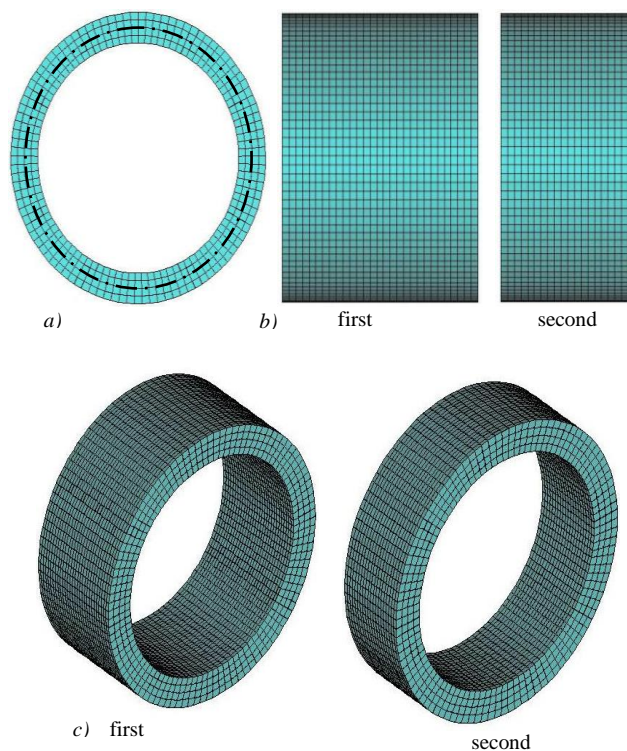


Fig. 2. Numerical model of elements of circular cut, authors': a – projection YOZ (front view); b – projection XOY and XOZ (a side view and top); c – isometric projection / Числова модель елементів

кільцевого перерізу, авторська розробка: а – проекція YOZ (вид зсередини); б – проекція XOY та XOZ (вид збоку та зверху); в – ізометрична проекція

Loading on the model of element circular cut is applied from own weight of this element circular cut and from an action equipartition loading which is applied along an axis in direction of vertical diameter. Evenly distributed load is given by a simple stepper method of calculation with uniform steps (accepted uniform steps 10 with 300 each iteration of these steps). Before the start of calculation process for the elements of circular cut from steelfibreconcrete given by the 14th law of nonlinear deformation ("Piecewise linear deformation law"). Process of calculation of steelfibreconcrete elements circular cut by means of programmatic complex Lyre 9.4 it is shown on figure 3.

Analysis of izopoliv of bending moments, that got in the consequence of calculation by means of the PC Lyre shows that most dangerous in relative values emerging moments and according to development of process of crack-formation - is the inner zone of vertical cuts, and an external zone of horizontal (in accordance with σ_{cr} , that indicated on fig. 4) – tensile zone.

Value of moments (on the basis of analysis of izopoliv) in the external zone of vertical cut and the inner area of horizontal (compression zone) indicate a significant margin of the strength elements circular cut from steelfibreconcrete in these zones– fig. 5.

Навантаження на модель елемента кільцевого перерізу прикладається від власної ваги даного елемента кільцевого перерізу та від дії рівномірно розподіленої навантаження, що прикладається вздовж осі в напрямку вертикального діаметра. Рівномірно розподілене навантаження задається за допомогою простого крокового методу розрахунку з рівномірними кроками (рівномірних кроків приймається 10-ть з 300-ми ітераціями в кожному з цих кроків). Перед запуском розрахункового процесу для елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону задається 14-ий закон нелінійного деформування («кусочно-линейный закон деформирования»). Процес розрахунку сталевібробетонних елементів кільцевого перерізу за допомогою програмного комплексу Ліра 9.4 показано на рис. 3.

Аналіз ізополів згинаючих моментів, що отримали в наслідок розрахунку за допомогою ПК Ліра показує, що найбільш небезпечними відносно величини виникаючих моментів і відповідно розвитку процесу тріщино-утворення - є внутрішня зона вертикальних січень, та зовнішня зона горизонтальних (відповідно до σ_{cr} , що вказані на рис. 4) – зони розтягу.

Значення моментів (на основі аналізу ізополів) в зовнішній зоні вертикальних січень та внутрішній зоні горизонтальних (зони стиску) свідчать про суттєвий запас міцності елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону в цих зонах – рис. 5.

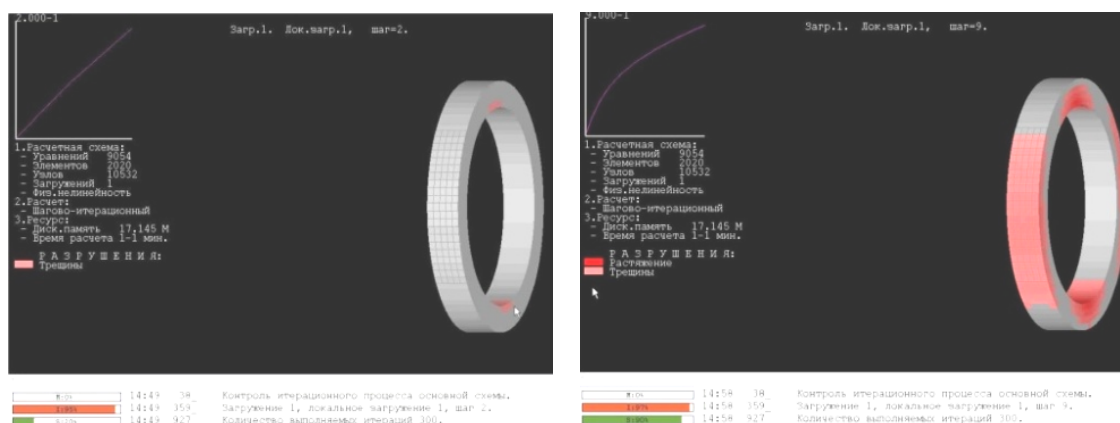


Fig. 3. Process of calculation of elements of circular cut from steelfibreconcrete in the PC Lyre 9.4, authors: а – a calculation is on the second step; б – a calculation is on a ninth step / Процес розрахунку елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону в ПК Ліра 9.4, авторська розробка: а – розрахунок на 2-му кроці; б – розрахунок на 9-му кроці

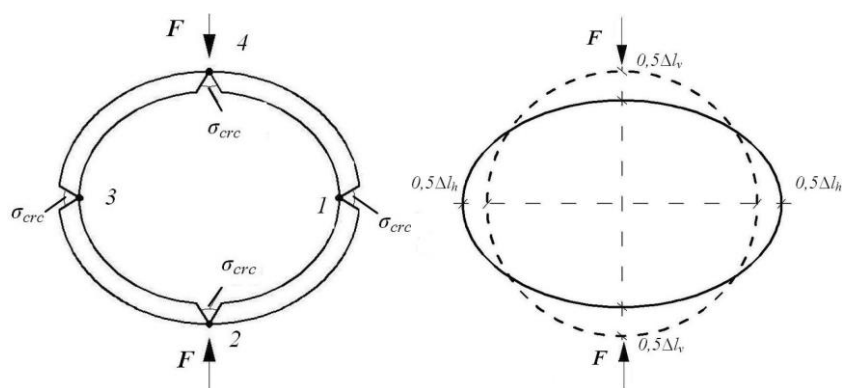


Fig. 4. Chart of placing of cracks in the elements of circular cut (a) and moving of cuts in horizontal (Δl_h) and vertical (Δl_v) direction (b) during application loading, authors' / Схема розміщення тріщин в елементах кільцевого перерізу (a) та переміщення перерізів в горизонтальному (Δl_h) та вертикальному (Δl_v) напрямку (b) під час прикладання навантаження, авторська розробка

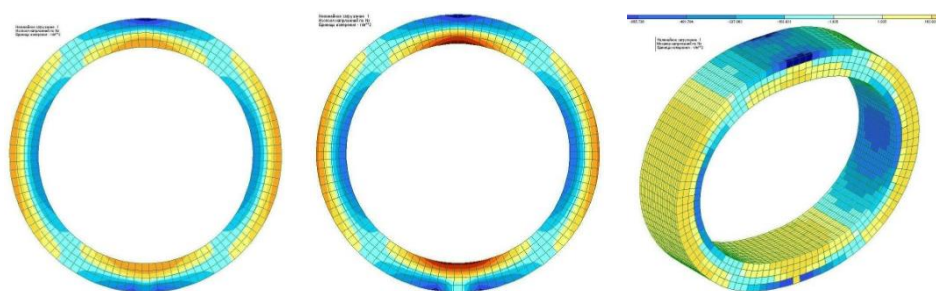


Fig. 5. Change of values of izopoliv moments of M_z in the element of circular cut from steelfibreconcrete of II series at the increase of loading from $F = 4$ kN (a) to $F = 8$ kN (b); izopolya tensions of N_z on an isometric projection (c), authors' / Зміна значень ізополів моментів M_z в елементі кільцевого перерізу зі сталевібробетону II-ої серії при зростанні навантаження із $F = 4$ кН (a) до $F = 8$ кН (b); ізополія напружень N_z на ізометричній проекції (c), авторська розробка

Convergence of values of bending moments obtained by means of the PC LYRE and theoretical calculation is within the limits 18 ... 20 %. The values of moments in vertical and lateral longitudinal cuts are got in the consequence of this calculation it is given in a table. 1. For comparison in a table. 1 the also given values of bending moments at the elements of circular cut are certain in theory and by means of programmatic complex LYRE.

Збіжність значень згинальних моментів отриманих за допомогою ПК ЛІРА та теоретичного розрахунку знаходиться в межах 18 ... 20 %. Значення моментів в вертикальних та бокових поздовжніх перерізах отримані в наслідок даного розрахунку подано в табл. 1. Для порівняння в табл. 1 також подані значення згинальних моментів в елементах кільцевого перерізу визначені теоретично і за допомогою програмного комплексу ЛІРА.

Table 1

A value of bending moments is in the element of 2SFPK , authors' / Значення згинальних моментів в елементі 2СФБК, авторська розробка

Force, F / Сила, F		In vertical longitudinal cuts / В вертикальних поздовжніх перерізах		In of vertical longitudinal cuts / В бокових поздовжніх перерізах		Theoretical at $\gamma = 0,25$ / Теоретичне при $\gamma = 0,25$
		PC LYRE	Theoretical at $\gamma_{2,4} = 0,318$	PC LYRE	Theoretical at $\gamma_{1,3} = 0,182$	
кН	кН/м					
1	5	0,230	0,270	0,199	0,155	0,213
2	10	0,458	0,541	0,398	0,310	0,425
3	15	0,687	0,811	0,596	0,464	0,638
4	20	0,916	1,081	0,794	0,619	0,850

5	25	1,146	1,352	0,995	0,774	1,063
6	30	1,375	1,622	1,193	0,928	1,275
7	35	1,603	1,892	1,392	1,083	1,488
8	40	1,832	2,162	1,589	1,237	1,700
9	45	2,061	2,433	1,796	1,392	1,913

It is needed to mark that bending moments in a vertical and lateral cut by PC LYRE 9.4 are in relation to each other in more narrow range as compared to in theory certain bending moments.

CONCLUSIONS

A programmatic complex Lyre gives an opportunity to determine the numerical values of bending moments that arise up in the elements circular cut from steelfibreconcrete by the action of the known loading. After realization of calculation of bearing strength of cutting elements of circular cut from steelfibreconcrete we will get the value of boundary moments at that it is possible to exploit these elements from steelfibreconcrete. Comparing these sizes it is possible to define boundary operating conditions for data elements of steelfibreconcrete elements circular cut.

The article describes possibility of the use in the calculation of elements of circular cut from stalefibrobetonu of programmatic complex the PC Lyre that works on the basis of algorithms of method of eventual elements.

Convergence of values of bending moments obtained by means of the PC LYRE and theoretical calculation is within the limits 18...29 %, and theoretical calculation is in limits 6 ... 7 %.

REFERENCES

- [1] Andriychuk, O.V. & Yasyuk, I.M. (2014). *Manufacturing of roadside trays of drainage from steelfibrobeton*. Scientific Notes: Collection of Scientific Papers, vol. 45, 7-1.
- [2] Andriichuk, O., Babich, V., Yasyuk, I. & Uzhehov, S.(2017). *The influence of repeated loading on work of the steel fiber concrete drainage trays and pipes on the roads*. MATEC Web of Conferences.
- [3] Andriychuk, O.V. (2011). *Work and calculation of elements of a circular section under the action of repeated loads*: Dissertatoin Ph.D. in Engineering: Lviv.
- [4] Andriychuk, O.V. & Babich, Ye.M. (2012). *Steel-reinforced non-pressure pipes*. [Monograph]. Lutsk: RVB of Lutsk National Technical University.
- [5] Babich, Ye.M. & Andriychuk, O.V. (2012) *Designing and manufacturing of non-pressure pipes made of steel-reinforced concrete*. Recommendations. Lutsk: LNTU.
- [6] Babych, E.M. & Andriichuk, O.V. (2017). *Strength of elements with annular cross sections*

Потрібно зазначити, що згинальні моменти в вертикальному та боковому перерізі визначені ПК ЛІРА 9.4 знаходяться один відносно одного в вужчому діапазоні в порівнянні з теоретично визначеними згинальними моментами.

ВИСНОВКИ

Програмний комплекс Ліра дає можливість визначати числові значення згинальних моментів, що виникають в елементах кільцевого перерізу зі stalefibrobetonу від дії на них наперед відомих навантажень. Після проведення розрахунку несучої здатності січення елементів кільцевого перерізу зі stalefibrobetonу ми отримаємо значення граничних моментів при яких можна експлуатувати дані елементи зі stalefibrobetonу. Порівнюючи ці величини можна визначити граничні умови експлуатації для даних stalefibrobetonних елементів кільцевого перерізу.

В статті описано можливість використання під час розрахунку елементів кільцевого перерізу зі stalefibrobetonу програмного комплексу ПК Ліра, що працює на основі алгоритмів методу скінченних елементів.

Збіжність значень згинальних моментів отриманих за допомогою ПК ЛІРА та теоретичного розрахунку та знаходиться в межах 18...29 %, а теоретичного розрахунку знаходиться в межах 6 ... 7 %.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1] Андрійчук О.В. Виготовлення придорожніх лотків водовідводу зі stalefibrobetonу / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк// Наукові нотатки: збірник наукових праць – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – Випуск 45. – С. 7 – 1.
- [2] Andriichuk O. The influence of repeated loading on work of the steel fiber concrete drainage trays and pipes on the roads / O. Andriichuk, V. Babich, I. Yasyuk, S. Uzhehov // MATEC Web of Conferences, N 116, 2017, p 02001, 1-9.
- [3] Андрійчук О.В. Робота і розрахунок елементів кільцевого перерізу при дії повторних навантажень: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.03.21 / О.В. Андрійчук – Львів, 2011. – 24 с.
- [4] Андрійчук О.В. Сталефібробетонні безнапірні труби / О.В. Андрійчук, Є.М. Бабич // Монографія. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. - 150 с.
- [5] Бабич Є.М. Проектування та виготовлення безнапірних труб із stalefibrobetonу / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Рекомендації. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – С. 32.
- [6] Babych, E.M., *Strength of elements with annular cross sections made of steel-fiber-reinforced concrete*

- made of steel-fiber-reinforced concrete under one-time loads. *Materials Science*, Vol. 52, No. 4, 509 – 513.
- [7] Bogovis, V.E., Genzersky, Y.V. & Geraymovich, Y.D. (2008). *LYRE 9.4. User guide. Fundamentals*. Textbook. Kyiv.: "Fact".
- [8] Grigorchuk, A.B. (2011). *Estimation of the tensely-deformed state of bending reinforce-concrete elements at the action of small cycle alternating load with the use of the PC "Lyre"*. Resource ekonomni materials, constructions, building and sporudes : Collection of scientific works, Rivne.
- [9] Kinash, R. & Bilozir, V. (2015). Deformational calculation method of bearing capability of fiberconcrete steel bending elements *Czasopismo Techniczne*.
- [10] Maryenko, N.G., Maksimenko, V.P. & Babik, K.N. (2006). *Nonlinear calculation of building on seismic influences with the use of the PC "LYRE"*. Building constructions, Vol. 64, 188 - 195.
- [11] Pasternak, I.A.M. (2012) Plane problem of elasticity for anisotropic bodies with thin elastic inclusions. *J. Math. Sci*, Vol. 186, No. 1. 31–47.
- under one-time loads / O.V. Andriichuk, E.M. Babych // *Materials Science*, Vol. 52, No. 4, 2017, p. 509 – 513.
- [7] ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие / В.Е. Боговис, Ю.В. Гензерский, Ю.Д. Гераймович и др. – К.: Издательство "Факт", 2008.
- [8] Григорчук А.Б. Оцінка напружено-деформованого стану згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклового знакозмінного навантаження з використанням ПК «Ліра» // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць – Рівне: НУВГП, 2011. – Випуск 22. – С. 272 – 277.
- [9] Kinash R. Deformational calculation method of bearing capability of fiberconcrete steel bending elements / R. Kinash, V. Bilozir // *Czasopismo Techniczne* (2015).
- [10] Марьенков Н.Г. Нелинейный расчет зданий на сейсмические воздействия применением ПК «ЛИРА» / Марьенков Н.Г., Максименко В.П., Бабик К.Н. // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2006. - Вип. 64. – С.188 - 195.
- [11] Pasternak I.A.M. Plane problem of elasticity for anisotropic bodies with thin elastic inclusions // *J. Math. Sci.* – 2012. – 186, No. 1. – P. 31–47.