

**Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова**

**Міністерство освіти і науки України**

**Український державний університет залізничного транспорту**

**Міністерство освіти і науки України**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ГРЕБЕНЧУК СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ**

УДК [624.074.43:624.012.35](088.87)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АНІЗОТРОПНИХ  
ОБОЛОНОК**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

192 - – будівництво та цивільна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



С.С. Гребенчук

Науковий керівник: Гапонова Людмила Вікторівна, кандидат технічних наук,  
доцент

Харків - 2018

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ .....</b>	<b>2</b>
<b>Список публікацій здобувача .....</b>	<b>12</b>
<b>ЗМІСТ .....</b>	<b>15</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>17</b>
<b>1 АНАЛІЗ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>22</b>
1.1 Створення тонкостінних конструкцій.....	22
1.2 Конструктивні особливості відомих залізобетонних полегшених оболонок... ..	24
1.3 Принципи моделювання та методи розрахунку анізотропних оболонок... ..	28
1.4 Експериментальне моделювання.....	38
1.5 Технологічні принципи виготовлення полегшених залізобетонних оболонок... ..	41
1.6 Висновки до розділу 1.....	46
<b>2 КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ І НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АНІЗОТРОПНИХ ОБОЛОНОК, ПРОПОНОВАНОГО ВИДУ .....</b>	<b>47</b>
2.1 Формування топології оболонок .....	47
2.2 Структура пропонованих конструкцій.....	48
2.3 Принципи армування... ..	49
2.4 Математичне моделювання, його особливості, результати та їх аналіз.....	51
2.5 Висновки до розділу 2.....	60
<b>3 РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК, ЯКІ РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ .....</b>	<b>61</b>

3.1	Принципи формування ефективних рішень оболонок.....	61
3.2	Особливості моделювання енергетичного портрету конструкції .....	61
3.3	Процедури покращення конструктивних характеристик оболонок... ..	65
3.4.	Висновки до розділу 3.....	78
<b>4</b>	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК, ЩО ПРОПОНУЮТЬСЯ.....</b>	<b>80</b>
4.1	Мета та задачі експерименту .....	80
4.2	Спосіб для натурних випробувань конструктивно-анізотропних оболонок різної гаусової кривизни .....	83
4.3.	Система навантаження.....	86
4.4	Система вимірювання... ..	92
4.5	Зіставлення теоретичних і експериментальних досліджень .....	100
4.6	Оцінка несучої здатності конструктивно-анізотропних оболонок.....	116
4.7.	Оцінка вогнестійкості конструктивно-анізотропних залізобетонних плит... ..	124
4.8.	Висновки до розділу 4.....	126
<b>5</b>	<b>УПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ .....</b>	<b>128</b>
5.1	Упровадження через проектування.....	128
5.2	Упровадження через будівництво .....	139
5.3	Висновки до розділу 5.....	144
	ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	145
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	147
	ДОДАТКИ .....	163

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Сучасний стан теорії розрахунку залізобетонних конструкцій дає змогу створювати криволінійні конструктивні форми, проектувати й зводити будівлі та споруди, унікальні за своєю архітектурою, з довільним плануванням приміщень, великими прогонами тощо.

Досить актуальним питанням у сучасному будівництві України є створення захисних підземних споруд у вигляді оболонок, які можуть сприймати значні динамічні та статичні навантаження.

Покриття будівель і споруд сприймають значні навантаження, які спричиняють високий рівень напружено-деформованого стану (НДС) системи. Саме тому доцільно розглядати такі види покриття, які могли б сприймати, рівномірно розподіляти й передавати ці навантаження на опори. Для виконання цієї мети найбільше підходять оболонки різної гауссової кривизни, виконані із залізобетону.

Проте пошук раціональних конструкцій оболонок, які сприймають зазначені види навантажень, становить собою досить актуальну, але логічно незавершену проблему.

Крім того, оскільки залізобетон є доволі важким матеріалом, доцільно дослідити способи його полегшення. Одним із таких способів є замонолічування всередину конструкції вкладишів-пустотоутворювачів із пінополістиролу, які водночас формують ребра жорсткості оболонок. Водночас, надаючи ребрам жорсткості певної геометрії (за рахунок змінювання форми вкладишів), можна забезпечити найбільш прийнятний розподіл зусиль, який являє собою задану несучу здатність при обмеженому використанні матеріалу.

Резюмуючи перераховане, можна констатувати, що побудова методології формування внутрішньої геометрії з подальшою експериментальною верифікацією є своєчасною й необхідною для практики будівництва

проблемою. Її вирішення дозволить підвищити ступінь надійності подібних систем, їх довговічність, а також за рахунок раціоналізації їхніх конструктивних параметрів реалізувати мінімізацію витрат матеріалів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційні дослідження виконано згідно з планом науково-дослідної роботи ХНУМГ імені О. М. Бекетова у межах держбюджетної теми № 0115U000154

«Розробка та дослідження нової конструктивної будівельної системи багатокритеріальної відповідності» (2015–2016 рр.) і наукової школи «Конструкції та матеріали для житлових і цивільних будівель».

**Метою роботи** є раціоналізація параметрів залізобетонних конструктивно-анізотропних оболонок з урахуванням концепції «конструкція – матеріал – технологія».

**Задачі дослідження:**

- дослідити принципово новий тип конструкції, що має задану зовнішню й розрахункову внутрішню геометрію;
- математично змоделювати процес деформування конструктивно-анізотропної оболонки за різних типів зовнішніх і внутрішніх впливів;
- експериментально верифікувати отримані теоретичні результати дослідження;
- упровадити результати дослідження.

*Об'єкт дослідження* – управління напружено-деформованим станом залізобетонних анізотропних оболонок різної гауссової кривизни.

*Предмет дослідження* – принципи раціонального конструювання, теоретико-експериментальне вивчення й удосконалення характеристик об'єкта дослідження.

**Методи дослідження.** У роботі використано класичні й чисельні методи механіки деформованого тіла, а також теоретичний метод, що базується на нових енергетичних принципах. Унаслідок цього створено програмні продукти

– програмні компілятори ітераційного типу, які функціонують на базі комерційних програмних середовищ, реалізованих на базі методу скінченних елементів. На базі гідравлічного методу й лабораторних випробовувань вихідних матеріалів проведено комплекс експериментальних досліджень залізобетонних оболонок. Заданий метод відрізняє експлуатація сучасних технічних та інформаційних приладів і обладнань.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:**

*Отримав подальшого розвитку:*

- принцип конструювання просторових елементів зі складною геометрією.

*Уперше отримано:*

- модель деформування двопоясних оболонок, що дозволяє шляхом управління напружено-деформованим станом конструкції обґрунтовано визначити фізико-геометричні параметри системи;
- експериментальну інформацію про особливості деформування двопоясних ребристих оболонок, які мають раціональні конструктивні параметри і різну гауссову кривизну.

*Удосконалено:*

- метод гідравлічного випробування для оболонок різної гауссової кривизни.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у наступному:

- удосконалено метод для натурних випробувань оболонок різної гауссової кривизни;
- запропоновано і створено стенд для натурних випробувань оболонок різної гауссової кривизни;
- упроваджено результати дослідження під час проектування і зведення будівлі за адресою: м. Харків, майдан Павлівський, 4, «Реабілітація нежитлової будівлі по майдану Павлівському, 4».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, подані в дисертації, є самостійними. В опублікованих у співавторстві роботах здобувачеві належить:

[1,2] - огляд літератури, вивчення фізичних властивостей нового типу конструкції; [3,4, 9,12,14] - підготовка експериментальної установки, створення експериментального стенду та проведення експериментальних досліджень; [5] - розробка проектних рішень при визначенні пошкоджень та аналізі архітектурно-конструктивних особливостей будівлі; [6,7] - аналіз чисельних даних результату розрахунків; [10] - проведення пошукових досліджень щодо фізичних властивостей конструктивно-анізотропних конструкцій; [11] - проведення пошукових досліджень і раціоналізація чисельних розрахунків; [15,16] - патентний пошук, пропозиції щодо конструктивних особливостей стиків і проведення випробувань.

**Апробація результатів дисертації.** Результати роботи доповідались на:

- Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Енергозберігаючі технології теплогазопостачання, будівництва та муніципальної інфраструктури» ХНУМГ імені О.М. Бекетова (м. Харків, 23 жовтня – 22 листопада 2013 р.);

- VI науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві» (м. Харків, 23-24 березня 2016 р.);

- Міжнародній науково-технічній конференції «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація» (м. Полтава, 4-5 квітня 2016 р.);

- 1 st International Conference on Engineering and Innovative Technology, SU-ICEIT 2016, (April 12–14, 2016) Salahaddin University-Erbil, Kurdistan, Iraq;

- I Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні» (м. Харків, 6-7 квітня 2017 р.);

- II Міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології в

будівництві» (м. Київ, 6-7 квітня 2017 р.);

- VI Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 19-21 квітня 2017 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертації та результати досліджень опубліковані у 16 друкованих працях, із них: 6 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, із яких 4 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз; 1 публікація у колективній монографії, 4 публікації апробаційного характеру, із яких 2 – у виданнях, що індексуються Scopus; 3 додаткові публікації та 2 патенти України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається зі вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації 202 сторінки, зокрема 146 сторінок основного тексту, 9 таблиць, 119 рисунків, а також список використаних джерел із 132 найменувань та 5 додатків на 40 сторінках.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бамбура А. Н., Сазонова И. Р., Гичко В. В. Разработка расчетной модели защитных оболочек энергоблоков АЭС //Будівельні конструкції. – 2015. – №. 82. – С. 238-246.
2. Барашиков А. Я. Методика розрахунку залізобетонних конструкцій за деформаційною моделлю згідно з проектом нових норм України //Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2005. – №. 1. – С. 13-18.
3. Бондаренко В. М., Колчунов В. И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. – -М.: Издательство" Ассоциации строительных ВУЗов", 472 с., 2004.
4. Бондаренко В. М., Бондаренко С. В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона //М.: Стройиздат. – 1982. – С. 287.
5. Вайнберг А.И. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений. Избранные проблемы / Вайнберг А.И. – Харьков: издательство «Тяжпромавтоматика», 2008. – 304с.
6. Молодченко Г. А. Регулирование напряженно-деформированного состояния стен емкостных сооружений //Коммунальное хозяйство городов. – 2002. – №. 39. – С. 33-36.
7. Большаков В. И., Савицкий Н. В. Электропроводящие нанокompозиты для систем диагностики технического состояния герметизирующих оболочек АЭС

//Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2016. – №. 5 (218).

8. Стороженко Л. І., Гасій Г. М., Гапченко С. А. Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові покриття. – 2015.

9. Гвоздев А. А., Байков В. Н. К вопросу о поведении железобетонных конструкций в стадии близкой к разрушению //Бетон и железобетон. – 1977. – №. 9. – С. 22-24. Расчет и конструирование сборных железобетонных рамношатровых перекрытий для общественных // Вестник НИЦ Строительство. – 2014. – №. 9. – С. 12-22.

10. А.Л. Шагін, Бондаренко В.М., Тимко І.А., Шагин А.Л. Расчет железобетонных плит и оболочек методом интегрального модуля деформаций – Харьков : 1967.- 132с.

11. Шугаев В. В., Соколов Б. С. Расчет и конструирование сборных железобетонных рамно-шатровых перекрытий для общественных зданий //Вестник НИЦ Строительство. – 2014. – №. 9. – С. 12-22.

12. Абовский Н.П., Андреев Н.П., Деруга А.П. Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек / Под ред.Абовского Н.П.:Наука, 1978.- 228 с.

13. А.С. Городецкий, Гордон Л.А., Готлид А.А. Статический расчет бетонных и железобетонах конструкций гидротехнических сооружений.-М.: Энергоиздат, 1982.-240с.

14. М.І., Рейтман, Рейтман М.І. Новые методы расчета пространственных

железобетонных инструкций //Исследование конструкций зданий и сооружений для сельского строительства: Сб.тр. /ЦНИИЭПсельстрой. М., 1968. - Вып.2-1. - С.25-45.

15. Перельмутер А. В. Управление поведением несущих конструкций. – 2011.

16. Гольденвейзер А. Л. Теория упругих тонких оболочек. – 1976. – 512 с.

17. С.П. Тимошенко,. Пластины и оболочки . - М. : ЮГИЗ, 1948. - 460 с.

18. О.Р. Ржаніцин, Ржаницын А.Р. Расчет железобетонных оболочек методом предельного равновесия. -М.: Госстройиздат. -1958.

19. Chen W. T. A hyperboloidal notch in a transversely isotropic material under pure shear //Journal of Elasticity. – 1972. – Т. 2. – №. 2. – С. 113-122.

20. Reissner E., Reissner E On a Variational Theorem in Elasticity.- J. Math, and Phys., 1950, vol.29, № 2.

21. Reissner E. On the theory of bending of elastic plates.- J. Math. Phys., 23, 944. № 1.

22. Shanley F. Weight Strength Analysis of Aircraft Structures. N.York, M-c jrow - Hill, 1952.

23. Вольмир А.С. Гибкие пластины и оболочки.- М.: Гостехиздат, 1956.-420 с.

24. Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, 1975. - 872 с.

25. Горенштейн Б.В. Железобетонные пространственные конструкции для строительства на Севере. – Л.: Стройиздат. ,1979. – 160с.

26. Дишингер Ф. Оболочки. Тонкостенные купола и своды. Гостройиздат, 1932.

27. Шухов В. Г., Избранные труды, том 1, «Строительная механика», 192 стр., под ред. А. Ю. Ишлинского, Академия наук СССР, Москва, 1977.
28. Бондаренко В. М. Посылки энергетической оптимизации железобетонных конструкций, воспринимающих знакопеременные нагрузки //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – №. 4.;
29. Бондаренко В. М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона //Харьков: Изд-во Харьковского ун-та. – 1968;
30. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория упругости. – Наука, 1965.
31. Баженов В. А., Соловей Н. А. Нелинейное деформирование и устойчивость упругих неоднородных оболочек при термосиловых нагрузках //Прикладная механика. – 2009. – Т. 45. – №. 9. – С. 3-40.
32. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела . - М.: Наука, 1977. - 416 с.
33. Трушин С. И. и др. Расчет нелинейно деформируемых пологих сетчатых оболочек вариационно-разностным методом //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – №. 3.
34. Кравченко Г. М. и др. Динамический расчёт и анализ полусферической оболочки покрытия объекта «Зимний сад» Технопарка Ростовского государственного строительного университета (РГСУ) //Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 40. – №. 1 (40).
35. Городецкий Д. А. и др. Программный комплекс ЛИРА САПР 2013: Учебное пособие //Киев–Москва.: Электронное издание. – 2013.

36. Перельмутер А. В. Заметки о прикладной науке //Computational Civil and Structural Engineering. – 2013. – С. 23.
37. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа (издание 4-е переработанное и дополненное).- Москва: Изд-во: СКАД СОФТ, Изд-во: ДМК Пресс, Изд-во: АСВ, 2011, 736 с.
38. Городецкий А. С., Шмуклер В. С., Бондарев А. В.. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. 889 с.
39. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 856 с.
40. Шмуклер В. С. Новые энергетические принципы рационализации конструкций / В. С. Шмуклер // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2017. - Вип. 167. - С. 54-69.
41. Пат. №44125 Україна, МПК G 01 M19/00, G 01N 3/00, G 01 M 5/00. Пристрій для натурних випробовувань плит та оболонок / В.С. Шмуклер, А.А. Чупринін, Р. Аббасі.; заявник та власник Шмуклер Валерій Семенович. – № u200901598; заявл. 24.02.09; опубл. 25.09.09, Бюл. №12.
42. Капленко Д.Д., Способ изготовления ребристых, преимущественно облицовочных, плит, например, из бетона. Патент СССР №63397.
43. ДБН В2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
44. Бугаевский С.А., Гапонова Л.В., Современные технологии получения облегченных железобетонных конструкций. In: IV Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Будівництво, реконструкція і відновлення будівель міського господарства» м.Харків, ХНУМГ імені О.М. Бекетова. 25.11.2014-10.02.2015.
45. AirDeck® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airdeck.com/>

46. BubbleDeck® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bubbledeck-uk.com/>
47. Cobiax® System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cobiax.com/startseite>
48. DALIFORM group. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php>
49. Luis M. Bozzo. The Santa Fe II Tower. A central core, tall, slender building in Mexico / Concrete international. – 2014. – Vol. 36 No. 9. – pp. 51 – 54.
50. Mekjavić. I., Analiza izbočavanja betonskih sfernih ljusaka // Tehni ki vjesnik (Zagreb). 2011. №18. p. 633-639.
51. Цейтлин А. А., Маркзон Д.Г., Устройство для формирования железобетонных панелей-оболочек. Патент СССР №441148.
52. Майборода В.М., Карпюк В.Ф. Трехслойные железобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1990.– 144 с.
53. Бугаевский С.А. Применение самоуплотняющегося бетона в технологии устройства облегченные железобетонных перекрытий // Вестник ХНАДУ, вып. 69. – Харьков: ХНАДУ. – 2015. – С. 79-90.
54. Бугаевский С.А. Способ возведения элементов зданий криволинейной формы // Збірник наукових праць. Науковий вісник будівництва, вип. №2 (80). – Харків: ХНУБА ХОТВ АБУ. – 2015. – С. 116-126.
55. Бугаевский С.А. Минимизация отскока при торкретировании мокрым способом // Збірник наукових праць. Науковий вісник будівництва, вип. №2 (84). – Харків: ХНУБА ХОТВ АБУ. – 2016. – С. 269-276.
56. Пат. 89464 Україна, МПК E04B 1/18. Каркасна будівля «Монофант» / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Бережна К.В., Карякін І.А., Кондращенко В.І., Сеїрські І.М.; заявник і патентовласник Шмуклер В.С. - №u201311919; заявл. 10.10.2013 ; публ. 25.04.2014, Бюл. №8.
57. Бабаев В.Н. Конструктивные системы для объектов различного назначения. Опыт проектирования и возведения / В.Н. Бабаев, В.С. Шмуклер // Комунальне

- господарство міст: наук. –техн. зб. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. – Вип.114. – С.2-17.
58. Бугаевский С. А. Способ возведения элементов зданий криволинейной формы //Науковий вісник будівництва. – 2015. – №. 2. – С. 116-126.
59. Данилов. А.А. Способы построения трехмерных поверхностных триангуляций и тетраэдральных сеток. // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, 2010, № 1(65). – С.87-92.
60. Гапонова Л.В. Експериментально-теоретичне дослідження напружено-деформованного стану сферичної оболонки покриття [Текст] / Гапонова Л.В., Калмиков О.А., Гребенчук С.С. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2015. – Вип.157. – С.102-113.
61. Гапонова Л.В. Напряженно-деформируемое состояние цилиндрической оболочки [Текст] / Гапонова Л.В., Калмиков О.А., Гребенчук С.С. // Коммунальное хозяйство городов. – 2016. –Вып. 126. – С 9-18.
62. Babaev, V. N. Analysis of Stress-Strain State of Spherical Roof Shell / V.N. Babaev, V.S. Shmukler, S.H. Feirushah, L.V. Gaponova, S.S. Grebenchuk, O.A. Kalmikov // 1 st International Conference on Engineering and Innovative Technology, SU-ICEIT 2016; April 12-14, 2016. – Kurdistan: Salahaddin University-Erbil, 2016. – Iraq. p. 42-49.
63. В.С. Шмуклер. Каркасные системы облегченного типа // В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Буряк. Харьков: Золотые страницы, 2008, 336 с.
64. M. Yaghoubi, S.S. Mohtasebi, A. Jafari, H. Khaleghi. Design and manufacture of a new and simple mechanism for transmission of power between crossover shafts up to 135 degrees for farm. // XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR)Hosted by the Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB) Québec City, Canada June 13-17, 2010.

65. Bankole I. Oladapo, Balogun A. Vincent, Augustine O. Oke, Esoso A. Agbor. Design And Finite Element Analysis On Car Seat Height Screw Adjuster Using Autodesk Inventor / Dept. Of Mechanical & Mechatronics Eng, Afe Babalola University, Ado-Ekiti, Nigeria // (IJSRES). Volume 2 Issue 8, August (2015).
66. Oleg Kalmykov. Use of information technologies for energetic portrait construction of cylindrical reinforced concrete shells / Oleg Kalmykov, Ludmila Gaponova, Petro Reznik and Sergey Grebenchuk // 6 th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings MATEC Web Conf. Volume 116, 2017” (Transbud-2017) 10 July 2017.
67. Generalizable surrogate models for the improved early stage exploration of structural design alternatives in building construction. A Dissertation Presented to The Academic Faculty by Mehdi Nourbakhsh In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Building Construction Georgia Institute of Technology May 2016 Copyright 2016 by Mehdi Nourbakhsh. (2016).
68. Bard, G. Borello, C. Guigou, J. Negreira and J-L. Kouyoumji. Challenges for acoustic calculation models in «Silent timber build». / D. The 21st International Congress on Sound and Vibration 13-17 July, (2014).
69. E. Carrera. Theories and Finite Elements for Multilayered, Anisotropic, Composite Plates and Shells.. Arch. Comput. Meth. Engng. Vol. 9, 2, 87-140 (2002)
70. Пат. 113750 Україна, МПК G01M 5/00; G01N 3/00. Стенд для натурних випробувань плит і оболонок / В.С. Шмуклер, С.С. Гребенчук, Л.В. Гапонова; заявник та патентовласник Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. – № у 201608761; заявл. 12.08.16; опубл. 10.02.17. Бюл. № 3.
71. Пат. 115153 Україна, МПК G01M 5/00; G01N 3/00. – Спосіб натурних випробувань плит і оболонок / В.С. Шмуклер, С.С. Гребенчук, Л.В. Гапонова; заявник та патентовласник Харківський національний університет міського



господарства імені О.М. Бекетова. – № и 201608763; заявл. 12.08.16, опубл. 10.04. 17, бюл. № 7/2017.

72. Гребенчук, С.С. Экспериментальные исследования железобетонных анизотропных оболочек / Гребенчук С.С. // Журнал «Бетон и железобетон в Украине». – Полтава, 2017. – С. 18-26.

73. Gaponova L.V. Stress and strain behavior of reinforced concrete anisotropic shell / L.V. Gaponova, S.S. Grebenchuk // Academic Journal. Series: Industrial machine building, Civil Engineering / Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University – 1(48) 2017. – С.108-120.

74. Емельянова, И.А. Технологические особенности возведения сооружений криволинейной формы по строительной системе «Монофант» с использованием малогабаритного оборудования способом мокрого торкретирования / И.А. Емельянова, С.А. Гузенко, Д.О. Чайка, С.А. Бугаевский, Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук // Коллективна монографія «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні». – Харків: ХНУБА, 2017. – С. 323-330.

75. ДСТУ Б В.2.7-217:2009. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона: чинний від 2009-12-22. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с.

76. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали . Бетони правила контролю міцності: чинний від 2010-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с.

77. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 28 с.

78. ДСТУ EN 10080:2009. Сталь для армування бетону. Зварювана арматурна сталь. Загальні вимоги (EN 10080:2005, ID). К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 68 с.

79. Гапонова, Л.В. Рішення температурної задачі для неоднорідної багатошарової конструкції / Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук // Зб. наук. праць «Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві». – ЛНТУ. – 2016. – Вип. 5. – С. 199-214.

80. Гапонова, Л.В. Оценка огнестойкости конструктивно-анизотропной железобетонной плиты / Л.В. Гапонова, П.А. Резник, С.С. Гребенчук // Міжвідомч. наук.-техн. зб. (технічні науки) «Будівельне виробництво». – Київ, 2017. – № 62/1. – С. 57-63.
81. Oleg Kalmykov. Study of fire-resistance of reinforced concrete slab of a new type / Oleg Kalmykov, Ludmila Gaponova, Petro Reznik and Sergey Grebenchuk // 6 th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings MATEC Web Conf. Volume 116, 2017” (Transbud-2017) 10 July 2017.
82. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Еврокод 2. «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие положения. Расчет конструкций на огнестойкость» (EN 1992-1-2:2004, IDT).
83. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6.-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84 і EN 1992-1-1 (Eurocod 2) / В.М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.. за заг.ред. В.С. Шмуклера. – Харків: Золоті сторінки, 2015. – 208с
84. Гапонова, Л.В. Напряженно-деформируемое состояние архитектурно-композиционного комплекса в форме ленты Мебиуса / Л.В. Гапонова, П.А. Резник, О.А. Калмыков, С.С. Гребенчук // Зб. наук. праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2017. – Вип. 169. – С. 229-237.
85. Гапонова, Л.В. Архитектурно-композиционный комплекс в форме ленты Мебиуса // Л.В. Гапонова, П.А. Резник, О.А. Калмыков, С.С. Гребенчук // Колективна монографія «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні». – Харків: ХНУБА, 2017. – С. 337-350.
86. Майборода, В.М. Трехслойные железобетонные конструкции. / В.М. Майборода, В.Ф. Карпюк – Будівельник, 1990. – 144с.
87. Шмуклер В.С. Исследование работы пологих железобетонных оболочек: дисс. канд. техн. наук Киев. НИИСК Госстроя СССР, 1977. - 188 с.

88. Васильков Г.В. Эволюционные задачи строительной механики. Синергетическая парадигма. Ростов-на-Дону: Инфосервис, 2003
89. Шмуклер В.С. Трансформация внутренней геометрии конструкции при рационализации ее параметров // Юбилейные научные чтения по проблемам теории железобетона. ИПЦ МИКХиС, Москва, 2005. – с. 124 – 134.
90. Shmukler V. S., Evolutionist approach in rationalization of building structures. /ISEC-03 Third International structural Engineering and construction Conference, Shunan, Japan, 2005.
91. Городецкий А.С., Евзеров И.Д., Стрелец-Стрелецкий Е.Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс «Лира-Windows». – Киев: Факт, 1997. – 137 с
92. Shmukler V. S., Evolutionist approach in rationalization of building structures. /ISEC-03 Third International structural Engineering and construction Conference, Shunan, Japan, 2005.
93. Фридкин В.М. Формообразование строительных конструкций. – М.: МГСУ, 2011, 171с.
94. Шмуклер В.С. Пространственные железобетонные каркасные системы многокритериального соответствия. // Дисс на соиск. уч. степени д-ра техн. наук. - Полтава, 1997.
95. Бабаев В.М., Бугаевский С.О., Евель С.М., Евзеров И.Д., Лантух-Лященко А.И., Шеветовский В.В., Шимановский О.В., Шмуклер В.С. Чисельні та експериментальні методи раціонального проектування та зведення конструктивних систем. – К.: Вид-во «Сталь», 2017. – 404с.
96. Patent USA № 20130036693. Doughnut-shaped hollow core body, bidirectional hollow core slab using the same, and construction method thereof / Seung Chang Lee, Jeong Keun Oh, Chang Sik Choi, Hyun Ki Choi. – Опубл. 14.02.2013.
97. Joo-Hong Chung, Sung-Hoon Kang, Seung-Chang Lee, Chang-Sik Choi, Hyun-Ki Choi. An Experimental Study for Bond Characteristics of Deformed Bar

Embedded in Donut Type Biaxial Hollow Slab / Journal of the Korea Concrete Institute/ – 2013. – Vol. 25 No. 2. – pp. 155-163.

98. Joo-Hong Chung, Sung-Hoon Kang, Seung-Chang Lee, Chang-Sik Choi, Hyun-Ki Choi. One-Way Shear Strength of Donut Type Biaxial Hollow Slab Considered Hollow Shapes and Materials / Journal of the Korea Concrete Institute / – 2012. – Vol. 24 No. 4. – pp. 391-398.

99. Sang-Su Ha, Jun-Seon Yoon, Kyoung-Hwan Yoo. Consideration of Field Application Possibility and Structural Capacity of Hollow Core Slab using GFRP Bars / Pacific Science Review / – 2013. – Vol. 15 No 1. – pp. 30-36.

100. Olexandr Meneiliuk, Kuz'ma Shavva, Valentina Taran. Erection of lightweight solid slabs at the construction site / Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2013, том 9, номер 4. – С. 221-229.

101.A. Churakov. Biaxial hollow slab with innovative types of voids / Строительство уникальных зданий и сооружений. – ISSN 2304-6295, №6 (21), 2014. – С. 70-88.

102. Hurd M.K. Concrete Homes for Disaster Victims. Inflated forms bring shelter to rural landslide victims. Concrete international, 2009, Vol. 31, No. 6, p. 37-40.

103. Jan Dirk van der Woerd. Finding new forms for bearing structures by use of origamics. Proceedings of The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 22-25 July 2012, Karlsruhe, Germany / Edited by Harald S. Müller, Michael Haist, Fernando Acosta, p. 263-268.

104. Jozef Jasiczak, Włodzimierz Majchrzak, Włodzimierz Czajka. Construction of undulating walls using dry-mix shotcrete. Expansive concrete surface creates the main spatial element inside the Museum of the History of Polish Jews in Warsaw, Poland. *Concrete international*, 2015, Vol. 37, No. 6, p. 31-35.

105. Sidney Freedman Craftsmanship Award Winners Announced. 2013 marks the second year for the annual competition. *Concrete international*, 2013, Vol. 35 No. 10, p. 34-37.

106. Benjamin Kromoser. Methods for transforming flat concrete plates into double curved shell structures. *Proceedings of The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 22-25 July 2012, Karlsruhe, Germany / Edited by Harald S. Müller, Michael Haist, Fernando Acosta, p. 275-280.*

107. Benjamin Kromoser, Johann Kollegger. Building free formed concrete surfaces by using the “pneumatic wedge method”. *The 10th fib International PhD Symposium in Civil Engineering. Université Laval, 21-23 July 2014, Quebec, Canada / Edited by Josee Bastien, Nicolas Rouleau, Mathieu Fiset, Mathieu Thomassin, p. 303-308.*

108. Mike Mota. Voided Slabs. Then and now. *Concrete international*, 2010, Vol. 32, No. 10, p. 41-45.

109. Christian Albrecht. Experimental and theoretical analyses of the load-bearing behaviour of slim biaxial hollow core slabs with flattened void formers. *Proceedings of The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering. Karlsruhe Institute*

of Technology (KIT), 22-25 July 2012, Karlsruhe, Germany / Edited by Harald S. Müller, Michael Haist, Fernando Acosta, p. 85-90.

110. Luis M. Bozzo. The Santa Fe II Tower. A central core, tall, slender building in Mexico. Concrete international, 2014, Vol. 36 No. 9, p. 51-54.

111. Self-Consolidating Concrete: A Synthesis of Research Findings and Best Practices. Prepared by: John W. Henault, P.E., February 14, 2014, Research Project: SPR-2255, Final Report, Report No. CT-2255-F-12-4.

112. <http://www.ansys.com>

113. <http://www.liraland.ru/http://www.autodesk.ru/products>

114. Научно-исследовательский институт автоматизированных систем в строительстве Госкомградостроительства Украины. Программный комплекс Лира-Windows. Руководство пользователя. Том IV. Раздел 3. – Киев, 1997 – С. 2-28.

115. Титаев, В.А. Автоматизация расчёта строительных конструкций на примере ЛИРА-подобных программных комплексов. / Титаев, В.А. – Хабаровск, 2001. – С. 146-149.

116. Демчина, Б.Г. Особливості розрахунку багат шарових плит перекриття на ПК «ЛІРА» / Демчина Б.Г., Рутковська І.З., Вознюк Л.І. // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2009. – Т.5, №4. с. 179-185.

117. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона: проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации, компьютерные модели, информационные технологии / [А.С Городецкий, Л.Г. Батрак, Д.А. Городецкий та ін.]. – К.: Факт, 2004. – 105с.

118. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М: Изд-во АСВ, 2009. – 360 с.

119. Барабаш М. С. и др. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования Учебное пособие //Киев: Издательство «Факт. – 2005.
120. Городецкий Д. А. и др. Программный комплекс ЛИРА САПР 2013: Учебное пособие //Киев–Москва.: Электронное издание. – 2013.
121. Городецкий А. и др. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). зарубежный и отечественный, перспективы развития //Проблеми розвитку міського середовища. – 2014. – №. 2. – С. 181-191.
122. ДБН В.2.1-10-2009. «Основы та фундаменти споруд» – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 90 с.
123. СОУ ЖКГ 75.11-35077234. 0015:2009 Житлові будинки. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків, - Київ.: ЖКГ України. 2009. - 46 с.
124. ДБН В.2.6-162-2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції, – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2011 – 104 с.
125. ДБН В.3.2-2-2009. Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів будівництва. Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт, - Київ.: Мінрегіон буд України, 2009 – 20 с.
126. ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення, - Київ.: Мінрегіонбуд України. 2010 – 94 с.
127. ДБН В.1.2-14-2009. СНББ. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ, - Київ.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 50 с.
128. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи, - Київ.: Мінбуд України. 2006 – 78 с.
129. ДСТУ Б В.1.2 -3:2006. Прогнибы и перемещения, - Київ.: Минстрой Украины, 2006 г.
130. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель, - Київ.:Мінрегіонбуд України, 2017. – 33 с.

131. Барабаш М. С., Ромашкина М. А. Обеспечение конструктивной безопасности при проектировании высотных зданий с использованием ПК ЛИРА-САПР. – 2016. – С. 73-83.

132. Барабаш М. С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий // International journal for computational civil and structural engineering. – 2012. – Т. 8. – №. 3. – С. 58.



