

Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна академія будівництва та архітектури  
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка  
Національної академії наук України  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова  
University of West Attica  
Університет «Sjever» (Хорватія)

## **VI Міжнародна конференція**

### **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ**



## **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**Одеса, 20-24 травня 2019 року**



Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна академія будівництва та архітектури  
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка  
Національної академії наук України  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова  
University of West Attica  
Університет «Sjever» (Хорватія)

## **VI Міжнародна конференція**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ**

***ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ***

**Одеса, 20-24 травня 2019 року**

**А 38** **Актуальні проблеми інженерної механіки** : тези доп. VI Міжнар. наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова. — Одеса : ОДАБА, 2019. — 393 с. ISBN 978-617-7195-87-9

## ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Антонюк Н.Р.** - технічний редактор журналу «Вісник ОДАБА», к.т.н., доцент, [vestnik@ogasa.org.ua](mailto:vestnik@ogasa.org.ua)

**Балдук П.Г.** - відповідальний секретар конференції, к.т.н., професор кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, [pavel9baldoock@gmail.com](mailto:pavel9baldoock@gmail.com)

**Зінковський А.П.** - заст. директора з наукової роботи Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка, д. т. н., професор, [zinkovskii@ipp.kiev.ua](mailto:zinkovskii@ipp.kiev.ua)

**Клименко Є.В.** - зав. каф. залізобетонних та кам'яних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор

**Вайсфельд Н.Д.** - зав. каф. методів математичної фізики Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, д.ф.-мат.н., професор, [mdtde@onu.edu.ua](mailto:mdtde@onu.edu.ua)

**Ковров А.В.** - голова оргкомітету конференції, ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н., професор, [rector@ogasa.org.ua](mailto:rector@ogasa.org.ua)

**Круглов В.Є.** - директор Інституту математики, економіки та механіки ОНУ імені І.І.Мечникова, к.ф.-мат.н., професор, [imem@onu.edu.ua](mailto:imem@onu.edu.ua)

**Кругтій Ю.С.** - проректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, [yurii.krutii@gmail.com](mailto:yurii.krutii@gmail.com)

**Сур'янінов М.Г.** - заступник голови оргкомітету конференції, зав. кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, [sng@ogasa.org.ua](mailto:sng@ogasa.org.ua)

**Харченко В.В.** - директор Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренко Національної академії наук України, академік НАН України, д. т. н., професор, [khar@ipp.kiev.ua](mailto:khar@ipp.kiev.ua)

**Шваб'юк В.І.** - Луцький національний технічний університет, д.т.н., професор, [Shvabyuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:Shvabyuk@lutsk-ntu.com.ua)

**Хендрік Досс** - Професор університета прикладних наук м. Майнц (Німеччина), [hendrik.doss@dosscom.de](mailto:hendrik.doss@dosscom.de)

**Kyriazopoulos A.** - Professor, University of West Attica, [akyriazo@teiath.gr](mailto:akyriazo@teiath.gr)

**Demakos K.** - Professor, University of West Attica, [cdemakos@gmail.com](mailto:cdemakos@gmail.com)

**Pnevmatikos N.** - Associate Professor, University of West Attica, [pnevma@teiath.gr](mailto:pnevma@teiath.gr)

**Milkovich Marin** - rector of the University «Sjever», professor, [rektor@unin.hr](mailto:rektor@unin.hr)

## СОДЕРЖАНИЕ

Azizov T., Tychyna P., Derkowski W., Jurkowska N. К расчету перекрытий из железобетонных многопустотных плит с учетом их крутильной жесткости	12
Антоненко Н.М., Ткаченко І.Г., Долгорукий П.Ю. Плоска термопружна деформація багатопустотної основи з неідеальним тепловим контактом між шарами	16
Афонин В.В., Ерофеева И.В., Кондращенко В.И., Емельянов Д.В., Федорцов В.А. Принятие решений о качестве композиционных материалов, подвергавшихся температурным перепадам	20
Бабич С.Ю., Корниенко В.Ф., Дегтярь С.В., Швардак Т.М. Некоторые родственные в математическом плане осесимметричные задачи со смешанными граничными условиями для упругого слоя с начальными напряжениями	24
Бабич С.Ю., Дихтярук Н.Н., Случинский А.А., Шушарин Ю.В. О плоской задаче контактного взаимодействия упругого стрингера и двух полос с начальными напряжениями	26
Багно О.М., Щурук Г.І. Математичне моделювання впливу скінченних початкових деформацій на характеристики хвильового процесу в системі: нестисливий пружний шар - півпростір ідеальної стисливої рідини	27
Бажанова А.Ю., Маковкина Т.С., Чопенко С.В. Экспериментальные исследования свободных колебаний железобетонных и фибробетонных балок	29
Блажко В.В. Технологічний комплект обладнання для приготування сухих будівельних сумішей	31
Балдук П.Г., Курган А.Ю. Модель енергоспоживання будівлі	33
Банніков Д.О., Радкевич А.В., Нікіфорова Н.А. Конструктивна схема сталевого каркасу для будівель сейсмічних регіонів Індії	37
Баранова-Шишкова Л.И., Симпольская К.С., Звонарева Е.А., Гончаренко В.В. Исследование способов изготовления стекла и его физико-химические свойства	40
Бекирова М.М. Методика расчета стержней с учетом малых и больших эксцентриситетов	47
Березин Л. Н. Исследование условий отскока игл при кулировании	49
Бистров В.М., Декрет В.А., Зеленський В.С. Втрата стійкості шаруватого композитного матеріалу при стисканні поверхневим навантаженням	52
Васильченко А.В., Отрош Ю.А., Ковалев А.И. Оценка огнестойкости железобетонных балок с фиброармированием	55
Мартынов В.И., Ветох А.М. Явления самоорганизации в затвердевающей пенобетонной смеси	58

Чепурна С.М., Чепурна М.Є. Вплив аморфної форми кремнезему в складі високодисперсної крейди на гідратацію портландцементу	298
Твардовский И.А., Чучмай А.М. Определения несущей способности анкерных креплений в ребристых плитах перекрытия	300
Маткова А.В., Шваб'юк В.І., Фурс Т.В., Шваб'юк В.В. Вплив технологічних аспектів на утворення дефектів кристалічної структури монокристалів $PbI_2$	302
Шваб'юк В.В., Ротко С.В., Гуда О.В., Ужегова О.А. Уточнений розрахунок усталених коливань круглих транстропних плит середньої товщини	305
Козьма О.І., Шиляев О.С. Розробка та випробування металевих конструкцій для спасіння людей з висоти	309
Шинкевич Е.С., Линник Д.С. Повышение биостойкости арболитобетона добавками наномодификаторами	311
Яременко О.О., Яременко Н.О. Розрахунок підземної споруди із застосуванням програмного комплексу ANSYS	314
Бекшаев С.Я. Об оптимальной жесткости опор многопролетного продольно сжатого стержня	317
Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борзяк О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону	320
Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О., Волков С.О. Прогини балок, армованих металевою арматурою, базальтопластиковою арматурою та з гібридним армуванням металевою та базальтопластиковою арматурою	324
Пасіка В.Р., Гембара Н.О. Аналізування важільних механізмів із внутрішньою привідною ланкою	327
Клименко Є.В., Сур'янінов М.Г., Гриньова І.І. Моделювання роботи кам'яного стовпа методом скінченних елементів у ПК ANSYS	331
Новский А.В., Новский В.А., Вивчарук В.В. Деформационная анизотропия известняка-ракушечника Одесского региона	332
Паливода О.А. Деякі аспекти щодо спільної роботи оболонки та ядра трубобетонних елементів зі зміцненим осердям	335
Гуртовий О.Г., Тинчук С.О., Андрушков В.І. Задачі деформування локальним навантаженням багат шарових покриттів на жорсткій основі	339
Ковальчук С.Б., Горик А.В. Точное решение задачи упругого изгиба многослойной балки под действием нормальной равномерной нагрузки	341
Григор'єва Л.О. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндричних перетворювачів з врахуванням втрат енергії	345
Савчук П.П., Кашицький В.П., Малець В.М., Матрунчик Д.М., Кушнірук А.С. Вплив фізичних полів на функціональні властивості полімерних наноаповнених епоксикомпозитів	349

2. ДСТУ Б В.2.1.-7-2000. Грунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформативності (ГОСТ 20276 – 99). Державний стандарт України. Київ, 2001.

## STRAIN ANISOTROPY OF THE LIMESTONE OF THE ODESSA REGION

*Anisotropy coefficients were Determined during field tests of limestone-shell rock along and across the stratification. It is established that the mechanical characteristics of limestone shell rock largely depends on their anisotropic properties, which must be taken into account in the calculation and design of foundations. The anisotropy coefficient in determining the compression resistance at deformations of 0.4 – 0.8 mm is 1.6, and the deformation modulus within the pressures of 0.4 – 1.0 MPa in the air-dry state is 123 MPa across the lamination, and along the lamination – 308 MPa.*

УДК 624.015

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЩОДО СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ОБОЛОНКИ ТА ЯДРА ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЦНЕНИМ ОСЕРДЯМ

**Паливода О.А., к.т.н.**

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, [palyvoda87@ukr.net](mailto:palyvoda87@ukr.net)

**Проблема та її зв'язок з науковою і практичною задачею.** Удосконалення труобетонних конструкцій шляхом зміцнення їх осердя є актуальною і важливою задачею. Адже якщо якимось чином збільшити несучу здатність осердя, то можна зменшити витрати сталі для отримання труобетонного елемента з наперед заданою несучою здатністю. Проте питання сумісної роботи сталеві оболонки й бетонного ядра зазначених конструкцій не є достатньо вивченим та має неоднозначні оцінки.

**Метою представлених досліджень** є експериментальне вивчення труобетонних елементів зі зміцненим осердям; удосконалення методів розрахунку несучої здатності та напружено-деформованого стану таких елементів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** До теперішнього часу запроєктовано і побудовано багато будівель із застосуванням труобетону. Сталеві труби, заповнені бетоном, застосовуються в Китаї [1 – 3], Канаді [4; 5], США [6], Японії [7]. На пострадянському просторі також побудовано ряд оригінальних споруд [8 – 10]. Труобетон застосовується навіть у таких відповідальних спорудах, як мости [11]. Разом із тим, здебільшого дослідження

спрямовуються на вплив різнотипного складу бетону ядра на характеристики конструкцій. Ідея ж зміцнення ядра залишається поза увагою дослідників.

**Постановка задачі.** Завдяки ряду специфічних таких якостей, як підвищена тріщиностійкість, стійкість до ударних і теплових впливів, трубобетон набуває все більшого поширення [9 – 11], у зв'язку з чим експерименти були спрямовані на уточнення механізму розвитку напружено-деформованого стану трубобетонних елементів зі зміцненим осердям для більш достовірної та конкретної оцінки їх характеристик.

Відомо, що в стиснутих трубобетонних елементах діюче зусилля сприймається як трубною оболонкою, так і бетонним осердям. Тому використання зміцненого осердя забезпечить зниження витрат сталі й економію коштів при виготовленні конструкції, в чому й полягає головна задача дослідження.

**Виклад матеріалу і результати.** У ході експериментів випробовували наступні групи та серії зразків:

- 1) зразки з осердями з високоміцного бетону;
- 2) зразки з осердями, зміцненими поздовжньою стрижневою арматурою;
- 3) із центрифугованим осердям з внутрішньою порожниною;
- 4) із центрифугованим осердям та внутрішньою порожниною, заповненою бетоном;
- 5) двотрубчаті з внутрішньою порожниною;
- 6) двотрубчаті з внутрішньою порожниною, заповненою бетоном.

Експериментальні дослідження трубобетонних елементів з осердям з високоміцним бетоном довели, що до моменту появи текучості в оболонці остання з бетонним осердям працюють паралельно [12]. Тому при розробці методики оцінки напружено-деформованого стану таких конструкцій вважаємо, що труба-оболонка та бетонне осердя працюють паралельно до того моменту, поки починається текучість труби-оболонки. Надалі бетонне осердя та оболонка працюються сумісно.

Особливістю деформування дослідних зразків даної групи є симетричність відносно центральної вісі. Для зручності напружено-деформований стан описується за допомогою циліндричних координат.

Бетонне осердя являє собою суцільне циліндричне тіло. За умови вісесиметричної задачі його напружено-деформований стан характеризується напруженнями ( $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \sigma_{rz}$ ), деформаціями ( $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z, \varepsilon_{rz}$ ) та переміщеннями ( $u, w$ ). Для їх знаходження використано рівняння рівноваги, геометричні рівняння та рівняння сумісності [13, 15].

Труба оболонка являє собою поле циліндричне тіло з тонкою стінкою. Поперечною деформацією уздовж її радіусу можна знехтувати. Тому для опису напружено-деформованого стану замінюємо оболонку циліндричною поверхнею, яка проходить через середній радіус. Розрахунок виконується як для порожньої труби за методикою [14].

Особливістю трубобетонних зразків другої групи, є те, що бетонне осердя у поздовжньому напрямку армовано додатковою арматурою. Тобто

в поздовжньому напрямку опирається бетонне осердя та сталева арматура, а у поперечному – лише бетонне осердя. Для можливості теоретично описати роботу стрижневого армування в умовах трубобетону враховано той факт, що стрижні розташовано рівномірно по колу. Тому в поперечному перерізі стрижневе армування представлено у вигляді умовного кільця з можливістю вільно деформуватися бетону.

Оцінка напружено-деформованного стану таких конструкцій схожа до методики для трубобетонних елементів з осердям з високоміцного бетону. Лише додається у поздовжньому напрямку робота додаткового армування, яке працює в умовах одновісного напруженого стану.

**Трубобетонні елементи з багат шаровим осердям.** Утворювати багат шарові перерізи стиснутих трубобетонних елементів можна різними шляхами. Тому варто виділити спільні в усіх цих випадках. Так бетонне ядро у загальному випадку представляє собою порожній товстостінний циліндр. Залежно від конструкції цей циліндр може бути завантажений не тільки зі сторони крайніх перерізів, а також і з бокових сторін.

Спочатку знаходять напруження в бетонного осердя. У найбільш узагальненому вигляді таке осердя представляють у вигляді циліндричного тіла із порожниною усередині. На зазначений елемент діє рівномірний тиск по чотирьох поверхнях: тиск із внутрішньої сторони –  $q_a$ ; тиск із зовнішньої сторони –  $q_b$ ; тиск на верхню та на нижню основи –  $q_z$ . В якості функції напружень приймають поліном третього ступеня [13, 16].

Сталеві оболонки в багат шарових трубобетонних елементах можуть розташовуватись як назовні, так і додатково всередині. Для можливості побудови методики оцінки напружено-деформованного стану сталеві труби необхідно врахувати декілька факторів: розрахунок трубобетону виконується за ітераційною методикою зі зміною параметрів пружності; в межах окремого етапу розрахунку роботу сталеві труби вважаємо пружною; напружено-деформований стан труби вважаємо сумою станів при простих завантаженнях. Так в якості простих завантажень приймаємо: поздовжній стиск; рівномірний внутрішній стиск; рівномірний зовнішній стиск.

**Висновки.** Зазначені припущення щодо вивчення сумісної роботи ядра та оболонки вельми раціонально використовувати у існуючих методиках визначення несучої здатності та ефективності роботи бетону в трубобетонних елементах зі зміцненими ядрами. Такі висновки дозволяє зробити задовільний збіг результатів теоретичних і практичних показників, представлених у роботах [12, 15, 16].

Результати експериментальних досліджень трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами доводять можливість використання таких елементів як ефективних будівельних несучих конструкцій.

[1]. **Shen Xi-ming.** Design of Concrete Pilled Steel Tubular Column for Factory Building. Proceedings. The international speciality conference on concrete filled steel tubular structures. Held at Harbin, China, 1985. - p. 164-170.



- [2]. **Zhong Shan-tong**. The Use of Concrete Filled Steel Tubular Structures in China. - Proceedings. The international speciality conference on concrete filled steel tubular structures. Held at Harbin, China, 1995. - p. 1-6.
- [3]. **Potyondy J.G.** Concrete Pilled Tubular Steel Structures In Marine Environment. Proceedings. The international speciality conference on concrete filled steel tubular structures. Held at Harbin, China, 1985. - p. 27-31.
- [4]. **Furlong R.W.** Asco M. - Desing of Steel-Encased Concrete Beam-Columns. "Proceeding ASCE", №. St. 13, 1998, vol. 94, p 267-281.
- [5]. **Furlong R.W.** - Strength of Steel-Encased Concrete Beam-Columns. "Proceedings ASCE", №.St.1, 1969, vol 95. -p. 99-107.
- [6]. **Gardner K.J. Jacobson E.R.** Structural Behavior of Concrete Pilled Steel Tubes as Columns. - J. Amer. Concrete Inst. Proc., 1967, vol. 64, n 7. - p. 404-413.
- [7]. Практика и перспективы применения трубобетона: <http://snt.com.ru/praktika-i-perspektivy-primeneniya-trubobetona>
- [8]. **Санжаровский Р.С.** Трубобетонные конструкции в строительстве // Промышленное строительство. – 1999. – № 5. – С. 22-23.
- [9]. Современный трубобетон: [http://imet-group.com/?page\\_id=388](http://imet-group.com/?page_id=388)
- [10]. **Расул Хамиев.** Трубобетон – технология будущего. <http://builder.kz/surveys/detail.php?ID=4386>
- [11]. Уникальный железнодорожный мост через реку Исеть. <http://900igr.net/kartinki/geografija/Kamensk-Uralskij/024-ZHeleznodorozhnyj-most.html>
- [12]. **Демченко О.В.** Напружено-деформований стан центрально стиснутих трубобетонних елементів із ядрами з високоміцних бетонів: автореф. дис. ... канд. техн. наук / **О.В. Демченко**. – Полтава, 2015. – 20 с.
- [13]. **Жемочкин Б.Н.** Теория упругости / Б.Н. Жемочкин. – М.: Госстройиздат, 1957. – 256 с.
- [14]. **Соляник-Красса К.В.** Осесимметричная задача теории упругости / **К.В. Соляник-Красса**. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.
- [15]. **Жуков С.О.** Методика інженерного розрахунку несучої здатності трбобетонних елементів зі зміцненими ядрами / **С.О. Жуков, О.А. Паливода** // Збірник наукових праць науково-дослідного гірничорудного інституту : зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2016. Вип. 55. – С. 261 – 271.
- [16]. **Паливода О.А.** Напружено-деформований стан трубобетонних елементів зі зміцненим осердям / **О.А. Паливода** // Вісник Інженерної академії України : зб. наук. праць. – Київ. – 2016. – Вип. 1. – С. 263 – 266.

### **SOME ASPECTS OF JOINT WORK OF SHELL AND CORE OF TUBE CONFINED CONCRETE ELEMENTS WITH STRENGTHENED CORE**

*At the present time, it is necessary to strengthen the economy mode, the resources efficiency and reduce the material consumption in construction.*

*Modern building constructions must meet all the requirements of economy, resource conservation, which are required for construction. The main direction of their development is reducing the cost of steel (14-16%), saving cement (10-12%) and saving forest materials (12-14%). These tasks can be solved, including at the expense of reduction of material content and reduction of the cross-section of structures, due to the rational combination of concrete and steel in their joint work and through the use of high-strength materials. These*

Наукове видання

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ  
VI Міжнародної конференції**

Одеса, 20-24 травня 2019 року

*(українською, російською та англійською мовами)*

Підписано до друку 11.05.2019 р.  
Формат 60×84/16 Папір офісний Гарнітура Times  
Друк-різографія. Ум.-друк. арк. 22,84.  
Наклад 300 прим. Зам. №19-24

Видавець і виготовлювач:  
**Одеська державна академія будівництва та архітектури**  
**Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.**  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.  
тел.: (048) 729-85-34, e-mail: [gio@ogasa.org.ua](mailto:gio@ogasa.org.ua)

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету  
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА