



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2011, ТОМ 7, № 3, 173–183

УДК 624.016(048)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЗЧЕПЛЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБИ З БЕТОНОМ У ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

**А. Я. Барашиков, О. В. Яцько**

*Київський національний університет будівництва і архітектури  
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037.*

*E-mail: helgab1@mail.ru*

*Отримана 10 червня 2011; прийнята 24 червня 2011.*

**Анотація.** Розглянуто питання актуальності використання трубобетонних колон у складі каркасів багатоповерхових будинків. Як приклад, наведено розрахунок просторових комп'ютерних моделей 30-поверхового будинку, проаналізовані визначені динамічні характеристики і рівень внутрішніх зусиль в елементах каркасів з урахуванням сейсмічного навантаження. Представлено результати дослідження та комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану трубобетонних колон під дією сконцентрованого осьового та вертикального циклічного навантажень. Метою досліджень є оцінка міцності, пластичності та характеру руйнування трубобетонних колон, без урахування адгезії між сталлю та бетоном. Враховуючи, що зусилля стиску головним чином сприймає бетонне ядро, розподілене навантаження до поперечного перерізу сталеві оболонки не прикладається, з метою наочно продемонструвати передачу вертикального тиску на трубу, за рахунок сумісної роботи бетону та сталі. Результати дослідження показали, що при відсутності зчеплення між елементами зразка, деформації зосереджені в області бетонного ядра, майже не передаються на сталеву оболонку, що суттєво впливає на характер руйнування як бетонного ядра, так і усїєї конструкції в цілому. Дані моделювання узгоджуються із гіпотетично передбаченими значеннями.

**Ключові слова:** трубобетонні конструкції, об'ємний напружений стан, адгезія, скінченно-елементна модель, реакція на дію сейсмічного навантаження.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СЦЕПЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБЫ С БЕТОНОМ В ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

**А. Я. Барашиков, О. В. Яцько**

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры  
пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03037.*

*E-mail: helgab1@mail.ru*

*Получена 10 июня 2011; принята 24 июня 2011.*

**Аннотация.** Рассмотрена тема актуальности использования трубобетонных колонн в составе каркасов многоэтажных зданий. Как пример, приводится расчет пространственных компьютерных моделей 30-этажного дома, проанализированы определенные динамические характеристики и уровень внутренних усилий в элементах каркасов с учетом сейсмической нагрузки. Представлены результаты исследования и компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния трубобетонных колонн под действием сконцентрированной осевой и вертикальной циклической нагрузки. Целью исследования является оценка прочности, пластичности и характера разрушения трубобетонных колонн, без учета адгезии между сталью и бетоном. Учитывая, что усилия сжатия главным образом воспринимает бетонное ядро, распределенная нагрузка к поперечному сечению стальной оболочки не

прикладывається, з метою наглядно продемонструвати передачу вертикального тиску на трубу, за рахунок спільної роботи бетону та сталі. Результати дослідження показали, що при відсутності сцеплення між елементами зразка, деформації зосереджені в області бетонного ядра, і майже не передаються на сталеву оболочку, що суттєво впливає на характер руйнування як бетонного ядра, так і всієї конструкції в цілому. Дані моделювання збігаються з гіпотетично передбаченими значеннями.

**Ключові слова:** труботонні конструкції, об'ємне напружене стан, адгезія, скінчаста елементна модель, реакція на дію сейсмічних навантажень.

## INFLUENCE RESEARCH OF COHESION CONDITIONS OF INTERNAL SURFACE OF A PIPE WITH CONCRETE IN GUNCRETE STRUCTURES

**Barashikov Arnold, Yatsko Olga**

*Kiev National University of Civil Engineering and Architecture,*

*Vozdukhoflotskiy Av., 31, Kyiv, Ukraine, 03037.*

*E-mail: helgabu1@mail.ru*

*Received 10 June 2011; accepted 24 June 2011.*

**Abstract.** The theme of an urgency of use concrete filled steel tube columns as a part of frameworks of many-storied buildings is considered. As the example, calculation of spatial computer models of the 30-storeyed house, certain dynamic characteristics and level of internal efforts in elements of frameworks taking into account seismic loading are analyzed. Results of the research and computer modeling of the stress-deformed condition concrete filled steel tube columns under the concentrated axial and vertical cyclic loading are presented. The purpose of research is the estimation of strength, plasticity and character of collapse concrete filled steel tube columns, without adhesion between steel and concrete. Considering that efforts of compression are perceived mainly by the concrete core, the distributed loading to a lateral section of a steel mantle isn't put, on purpose visually to show drive of vertical pressure upon a tube, at the expense of concrete and steel teamwork. Results of probe have shown that in the absence of clutch between elements of the sample, deformation is concentrated in the field of a concrete core, and almost do not move to a steel mantle that essentially influences character of collapse, both a concrete core, and all design as a whole. The modeling data will be coordinated with values hypothetically provided.

**Keywords:** concrete filled steel tube constructions, three dimensional stress, adhesion, finite element model, seismic response.

### Актуальність та напрямки вирішення завдання

Серед основних тенденцій сучасного будівництва помітно зростаючий попит на нетипові, пристосовані до конкретних задач проекти. Як наслідок, підвищення висотності та збільшення робочих прольотів споруд, будівництво у зонах, що характеризуються особливими видами навантажень (сейсміка, буревії, вибухи тощо) та складними умовами зведення об'єктів (щільна забудова, незадовільний стан ґрунтової основи, вплив підземного

транспорту неглибокого закладання). Відповідно ведеться пошук нових ефективних технологічних рішень, конструкцій та матеріалів, які б задовольняли сучасним вимогам архітектурного проектування.

Наразі широкого застосування набувають труботонні конструктивні елементи, що поєднують кращі властивості сталі та залізобетону. Такі конструкції надійні в експлуатації, тому що у граничному стані не втрачають несучої здатності миттєво, як залізобетонні, тривалий час можуть витримувати зростаюче на-

вантаження. Металева труба-оболонка виконує в трубобетоні одночасно функцію як поздовжнього, так і поперечного армування. Структурні властивості, такі як підвищена гнучкість і висока енергетична(силова) поглинаюча здатність (втомна міцність), при циклічному сейсмічному навантаженні перевершують залізобетон. Тому трубобетонні конструкції набули широкого використання в Японії, Китаї [11], Австралії [7], сейсмічно-активних областях Південної та Північної Америки, схильних до землетрусів країнах Європи [15], в тому числі в Україні [6].

Застосування трубобетону має також економічні переваги під час процесу будівництва, оскільки потребує мінімальної кількості зварювальних робіт, не передбачає використання опалубки та зменшує витрати матеріалів порівняно із залізобетонними. Протягом останніх десятиліть використання трубобетонних колон у складі каркасів висотних будинків є визначальними прикладами їх економічної ефективності [14, 15].

Важливим фактором, що стримує широке використання цього виду конструкцій, є відсутність нормативних документів для їх розрахунку та проектування. Існують лише методики дослідження роботи трубобетону за чинними нормами і методам розрахунку типових будівельних конструкцій, а також результати експериментальних досліджень. Тому вивчення та передбачення поведінки трубобетонного елемента як при постійному навантаженні, так і під дією повторюваних циклів в умовах пластичних деформацій шляхом детального моделювання напружено-деформованого стану таких конструкцій цілком доцільне.

### Основні розробки та результати досліджень

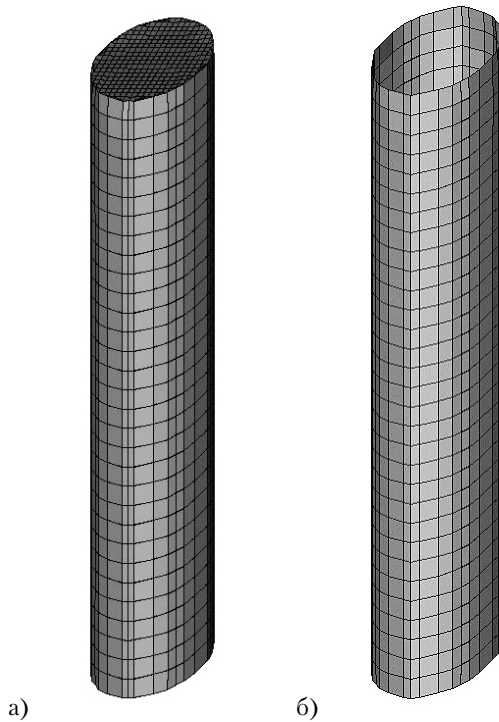
В рамках наукової програми для досягнення кращого розуміння роботи трубобетону під дією постійного і циклічного навантажень були виконані перераховані нижче дослідження.

Підбір та аналіз опублікованих результатів наукових досліджень за даною темою дозволив визначити основні конструктивні характеристики підвищеної стійкості [7, 8, 10], а саме:

- підвищену жорсткість за рахунок об'ємного напруженого стану, в умовах якого знаходяться сталь і бетон;
- пружну роботу трубобетонного елемента під дією циклічних навантажень, за рахунок сприйняття поздовжніх зусиль сталеву трубою-оболонкою. Так, за результатами експерименту на шістнадцяти дослідних зразках [14] встановлено, що циклічність навантаження зі сталою амплітудою не має суттєвого впливу на загальну жорсткість і міцність трубобетонної конструкції;
- здатність до ефективного розподілення (розсіювання) динамічних навантажень [12];
- підвищену міцність залізобетонного ядра в стиснутих трубобетонних елементах металева оболонка перешкоджає виникненню тріщин розриву у бетоні [16];

Створено просторову скінчено-елементну модель трубобетонної колони [1, 2] з метою визначення несучої здатності елемента, щоб наочно продемонструвати схему розподілення напружень та, аналізуючи зони концентрації напружень, певною мірою передбачити розвиток руйнівних деформацій. Моделювання виконано у програмному комплексі ЛИРА 9.4 [3]. У тривимірній розрахунковій схемі колони бетонне ядро змодельоване розбиванням масиву на скінченні елементи (рис. 1а). Труба-оболонка окремо представлена плоскими скінченими елементами пластин згідно з теорією Кірхгофа-Лява, вузли яких співпадають з вузлами скінченно-елементної сітки просторового бетонного масиву, що дає можливість задовольнити сумісність деформацій бетону та арматури (рис. 1б). Створені моделі колон були внесені до розрахункової схеми каркасно-монолітної будівлі та включені до загального розрахунку у ПК ЛИРА з метою отримання реальних навантажень на колону.

Враховано, що робота трубобетонних конструкцій під навантаженням значно відрізняється від роботи сталевих та залізобетонних. Це пояснюється тим, що сталь і бетон знаходяться в умовах об'ємного напруженого стану. Тому в розрахунку роботу металевої оболонки і бетонного ядра описано фізичними характеристиками визначеними аналітичними методами, які враховують їх ефективність в таких умовах. Це стосується, зокрема, розрахункового



**Рисунок 1.** Модель трубобетонної колони: а – модель бетонного ядра; б – модель сталеві труби-оболонки.

опору бетону на стиск  $R_b^*$ , що в трубобетоні підвищується у 1,5...2,0 рази.

Наведено, проаналізовано та порівняно отримані результати моделювання напруженого стану трубобетонного та залізобетонного варіантів каркасів 30-поверхового житлового будинку по вул. Героїв Сталінграда, 2 у м. Києві з урахуванням сейсмічного навантаження [2].

У табл. 1 наведено основні параметри трубобетонного та залізобетонного каркасів.

Перерізи колон обох варіантів – еквівалентні за несучою здатністю на стиск, що визначено шляхом аналітичного розрахунку [1, 6]. Навантаження для розрахункових моделей

прийняті для умов м. Києва, з використанням міцнісних і деформаційних характеристик ґрунтової основи конкретного району будівництва.

Розрахунки моделей проводили на дію повного переліку навантажень для цивільної будівлі з урахуванням сейсмічних коливань, які відповідають землетрусу у 6 балів за шкалою MSK-84 у ПК ЛИРА 9.4 [3] та ПК Мономах 4.5. Результати моделювання наочно демонструють демпфуючі властивості трубобетонних несучих елементів під дією циклічних сейсмічних навантажень. Про це свідчать зовнішні переміщення верхніх вузлів каркасу з використанням трубобетону, що на 30 % нижчі у порівнянні з еквівалентним за несучою здатністю залізобетонним каркасом.

#### Основна задача досліджень

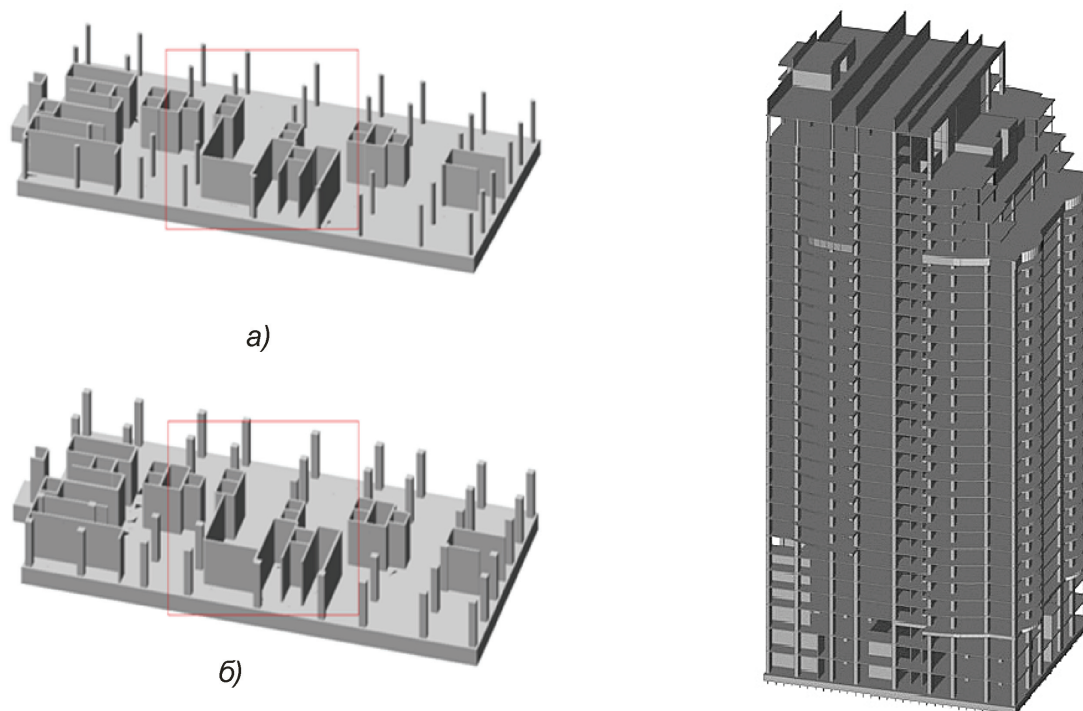
Наступний етап дослідження напружено-деформованого стану трубобетонного елемента під дією комбінованого (статичного та динамічного) навантаження, зосереджено на детальному вивченні впливу умов зчеплення внутрішньої поверхні труби з бетонним ядром. Як відомо [6], сумісна робота складеного перерізу забезпечується за рахунок:

- адгезії (міжмолекулярної взаємодії) між сталлю та бетоном під час виготовлення конструкції, що суттєво впливає на природу сил тертя між різнорідними матеріалами;
- напружень обтиснення, що виникають у сталевій оболонці, і є прямим результатом впливу коефіцієнта Пуассона труби під дією осьового навантаження, так само, як ефект обтиснення за рахунок розширення бетонного ядра.

Відповідно досягаються такі необхідні характеристики трубобетону, як пружна робота під дією

**Таблиця 1.** Основні характеристики розрахункових моделей

Найменування	Параметри трубобетонного каркасу	Параметри залізобетонного каркасу
Розмір поперечного перерізу несучої колони, м	Ø 0,60×0,01	0,8×0,8
Товщина монолітної плити перекриття, м	0,2	0,2
Товщина фундаментної плити, м	1,25	1,25
Висота поверху, м	3,3 (4,3)	3,3 (4,3)



**Рисунок 2.** Скінченно-елементна модель каркасу будинку: а – трубобетонний каркас; б – залізобетонний каркас.

циклічних навантажень і пластичний характер руйнування. Відомі та застосовані немало способів для підвищення зчеплення сталі з бетоном. Серед основних: використання трубчастих оболонок з поперечними та поздовжніми ребрами жорсткості, використання експансивного (розширювального) цементу, що забезпечує хімічне попереднє напруження елементів [12]. Різні дослідники дійшли висновку, що ефект від обтиснення знижується при використанні трубчастої оболонки прямокутного або квадратного поперечних перерізів [13].

Існує низка досліджень напружено-деформованого стану та характеру руйнування трубобетонних колон без урахування адгезії між сталлю та бетоном. Перешкоджають цьому явищу шляхом нанесення на внутрішню поверхню сталевій оболонки шару бітуму та прикладання навантаження лише на бетонне ядро. Такий підхід дозволяє дослідити ефект обтиснення бетонного ядра під дією постійного осьового навантаження у чистому вигляді. Вивчена також робота дослідних зразків на дію циклічного поздовжнього та поперечного навантажень [9, 10, 13]. Результати експериментів свідчать про порівняно низьку початкову жорсткість незв'язаних зразків (при-

близно на 30 % у порівнянні зі зв'язаними) та передачу незначної частки осьового навантаження на сталеву трубу. Проте напруження текучості для таких колон на 21 % вище. Для трубобетонних зразків без зчеплення сталі з бетоном мінімальна несуча здатність залишається стабільною і зберігається майже постійною. Дослідними колонами продемонстровано здатність витримувати прикладене зростаюче навантаження, незважаючи на руйнування бетонного ядра.

Подібні результати експерименту можна пояснити характером розподілення деформацій у трубобетонному елементі. Відомі три способи руйнування таких конструкцій під дією стискуючих навантажень, залежно від співвідношення товщини стінки  $t$  до діаметру бетонного ядра  $D$  [6]. Зразки з досить великою товщиною стінки ( $t/D > 0,03$ ) характеризуються досягненням значних поздовжніх деформацій та виникненням кільцевих складок в оболонці. У елементів, що мають відносно малу товщину стінки ( $t/D < 0,03$ ), у граничному стані за міцністю спостерігається виникнення поздовжніх тріщин у трубі. В оболонках, заповнених високоміцним бетоном, спостерігається руйнування бетонного осердя шляхом

утворення діагональної тріщини від зсуву верхньої частини по відношенню до нижньої під кутом  $60^\circ$ . Усі три способи руйнування трубобетонного зразка свідчать про те, що межа міцності усього елемента відповідає межі міцності сталеві оболонки. Вищезгаданий експеримент передбачає включення труби у сумісну роботу складеного перерізу тільки після того, як швидкість бічного розширення бетону збільшується і перевищує початковий коефіцієнт Пуассона внаслідок поступового розвитку внутрішніх мікротріщин. У такому випадку до початку руйнування бетону сталеві труба-оболонка сприймає лише поперечні зусилля розтягу і, відповідно, термін роботи усїєї несучої конструкції збільшується.

### Постановка задачі

Для дослідження, аналізу, наочного відображення та порівняння напружено-деформованого стану варіантів трубобетонних колон з різними умовами зчеплення бетонного ядра та сталеві оболонки створені тестові задачі. Складові елементи конструкцій змодельовано об'ємними (бетонне ядро) та плоскими (сталеві труба-оболонка) скінченними елементами, як було зазначено вище. Вузли плоских скінченних елементів пластин об'єднано з вузлами скінченно-елементної сітки бетонного масиву за допомогою встановлених стержневих елементів. Побудована таким чином модель задовольняє умовам сумісності деформацій бетону і арматури та дозволяє дослідити

ти механізм спільної роботи бетонного ядра і труби (рис. 3).

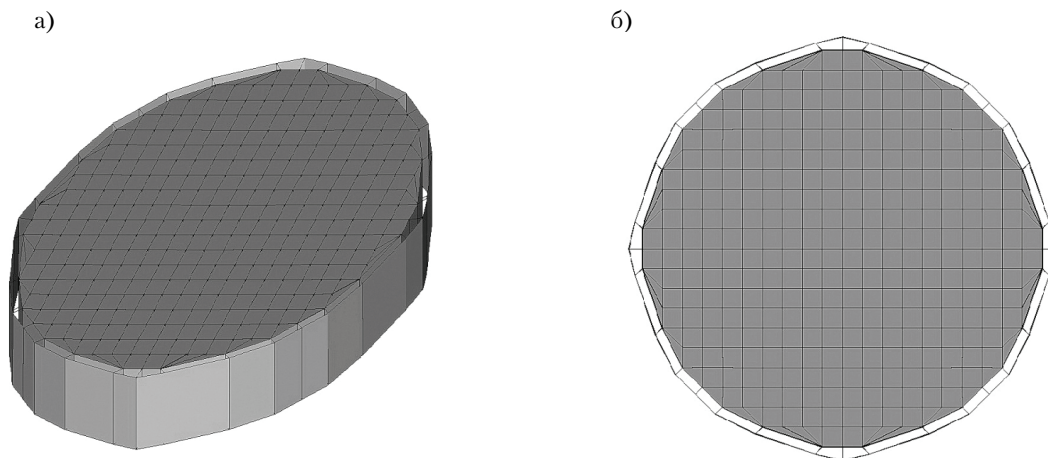
Розглянуті два можливих варіанти з'єднання сталі з бетоном у трубобетонній колоні. У вузлах примикання стержневих елементів до елементів бетонного масиву і сталеві оболонки, першого варіанту, задано умови жорсткого з'єднання. Такі обмеження забезпечують сумісну роботу та переміщення складових елементів трубобетонної колоні. У другому випадку, елементам бетонного масиву було надано можливість переміщення по осі  $z$ . Таким чином створено модель незв'язаного зразка.

Трубобетонні колоні мають розміри –  $\varnothing 0,06 \times 0,01$  м. Розрахункові характеристики матеріалів колон:

- оболонка: сталь марки 09Г2С,  $R_y = 355$  МПа,  $R_s = 195$  МПа,  $E = 2,06 \cdot 10^5$  МПа;
- бетон класу В30:  $R_b^* = 28,1$  МПа;  $R_{bt} = 1,55$  МПа;  $E = 39 \cdot 10^3$  МПа;
- коефіцієнт Пуассона – 0,2.

Розрахунок проведено у лінійній постановці.

Створені трубобетонні моделі внесені до розрахункової схеми каркасно-монолітної будівлі та включені до загального розрахунку у ПК ЛИРА з метою отримання реальних навантажень на кожен окрему колоні. Розрахунок несучого каркасу будинку [2], дозволяє визначити найбільш навантажену колоні та значення вертикальної сили  $N = 1\,184,05$  т. Враховуючи, що зусилля стиску головним чином сприймає бетонне ядро, розподілене навантаження  $6\,970,26$  т/м<sup>2</sup> до поперечного перерізу



**Рисунок 3.** Поперечний переріз скінченно-елементної моделі колоні з включенням стержневих елементів з'єднання: а – загальний вигляд; б – розрахункова модель.



сталевій оболонці не прикладається. Такий спосіб завантаження здійснюється з метою наочної демонстрації передачі вертикального навантаження на трубу і на комплексний переріз за рахунок сумісної роботи бетону та сталі. До зразків обох варіантів також прикладений комплекс сейсмічних навантажень, які відповідають землетрусу у 9 балів за шкалою MSK-84 [4, 5]. Таким чином визначене найнесприятливіше розрахункове поєднання навантажень (РПН), використане у тестових задачах, та отримані відповідні результати.

### Отримані результати

У табл. 2, 3 представлені дані, отримані в результаті розрахунків моделей трубобетонних

зразків. На рис. 4 показані ізополі горизонтальних переміщень колони по осі  $y$ . На рис. 4а деформації зосереджені в області бетонного ядра, майже не передаються на сталеву оболонку. Характер деформацій навантаженого зразка, у якому було забезпечено жорстке зчеплення сталі з бетоном, відображено на рис. 4б. В даному випадку, відбувається сумісне деформування елементів колони.

### Висновки

Аналіз максимальних напружень в елементах дослідних зразків, наочно демонструє розподіл вертикального навантаження стиску між бетонним ядром та сталеві оболонкою. Поперечні напруження у зв'язаному бетонному ядрі на 35%

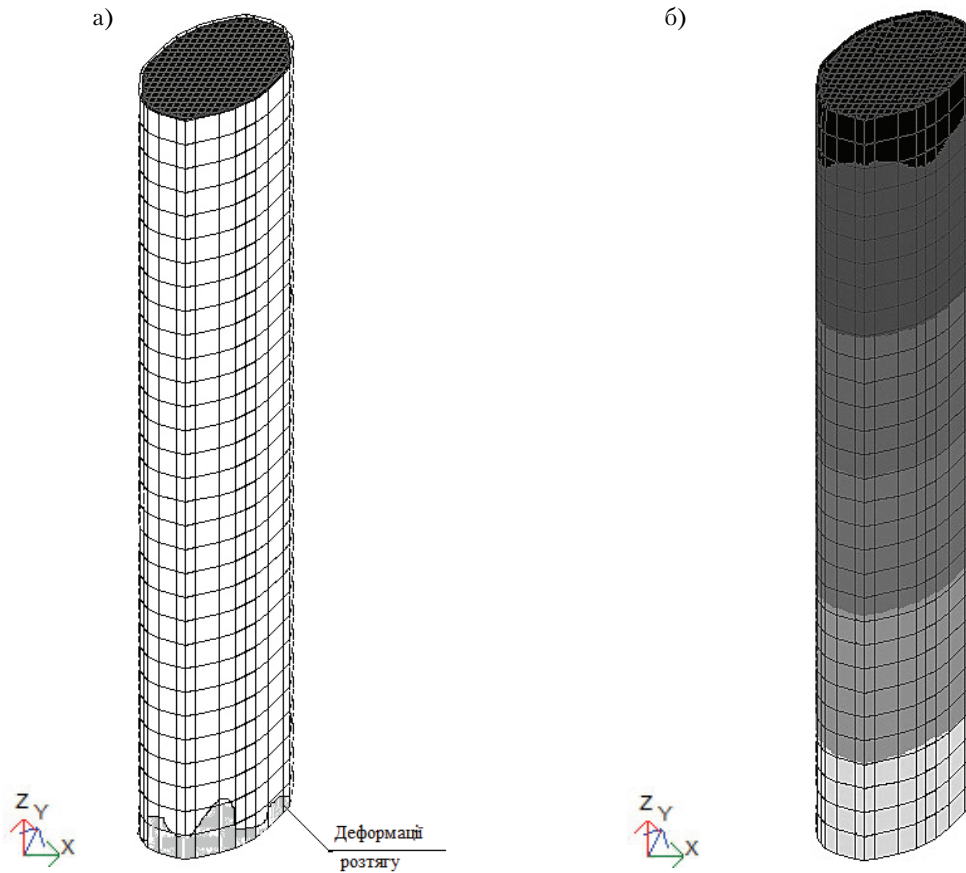
Таблиця 2. Максимальні зусилля в елементах трубобетонних колон

Найменування	Найменування напруження	Зразок незв'язаної трубобетонної колони	Зразок зв'язаної трубобетонної колони
бетонне ядро	$N_x, \text{т/м}^2$	-690	-939
	$N_y, \text{т/м}^2$	-517	-939
	$N_z, \text{т/м}^2$	-5140	-4950
сталева труба-оболонка	$N_x, \text{т/м}^2$	$6,11 \cdot 10^3$	$4,13 \cdot 10^3$
	$N_y, \text{т/м}^2$	$5,16 \cdot 10^3$	$4,13 \cdot 10^3$
стержневі елементи з'єднання	$N, \text{т}$	-2,5876	-1,75
	$Q_y, \text{т}$	<b>5,7922</b>	<b>0,9887</b>

Примітка: Різні значення максимальних нормальних напружень  $N_x, N_y$  отримані внаслідок прикладання до зразків найнесприятливішого поєднання навантажень і відповідають результатам розрахунку по 2-ій та 3-ій формі коливань.

Таблиця 3. Максимальні переміщення зразків трубобетонних колон

Найменування	Напрямок переміщення	Зразок незв'язаної трубобетонної колони	Зразок зв'язаної трубобетонної колони
трубобетонна колона	по осі $x$ , мм	14,2	24,1
	по осі $y$ , мм	19,5	11,4
	по осі $z$ , мм	2,45	3,44



**Рисунок 4.** Ізополя переміщень трубобетонної колони по осі  $z$ : а – переміщення незчепленої колони; б – переміщення зчепленої колони.

перевищують відповідні дані незв'язаного зразка.

Також слід звернути увагу на зони концентрації деформацій, дослідження яких неможливо при аналітичному розрахунку трубобетонних елементів як суцільних стержневих конструкцій (рис. 4). Адже коли прикладене навантаження наближається до граничного, саме у таких місцях виникають перші руйнування. На рис. 4а максимальні вертикальні деформації зосереджені в нижній частині колони, тоді як на рис. 4б можна спостерігати протилежну картину.

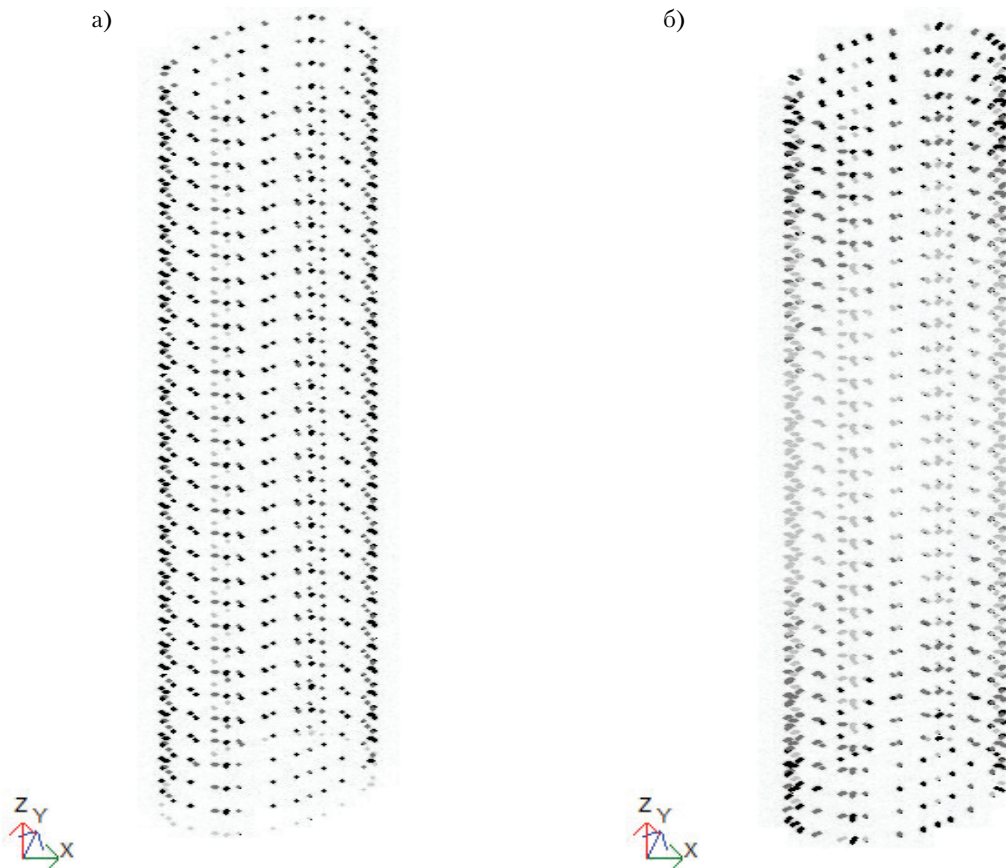
Дослідження напружень стиску у стержневих елементах (рис. 5) дає можливість стверджувати, що у трубобетонних зразках з жорстким зчепленням сталі з бетоном близько 40 % поздовжнього навантаження стиску передається на сталеву оболонку, завдяки сумісній роботі елементів колони. При аналітичному розрахунку трубобетонного елемента не враховується передача навантаження стиску на трубу [9]. При значних показниках таких зусиль може бути

доцільне збільшення товщини стінки сталеві труби, оскільки при її пошкодженні ймовірна поява тріщин.

Схема розподілення навантажень у першому варіанті (рис. 5а) демонструє процес рівномірного бічного розширення бетонного осердя внаслідок ущільнення під дією стиску. На рис. 5б можна спостерігати зони зосереджених напружень стиску та розтягу, виникнення яких пояснюється дією сил тертя між внутрішньою поверхнею труби та бетоном, які зосереджені, відповідно, у верхній (область прикладання навантаження) та нижній (область опираючої частини) частинах колони.

Зусилля бічного обтиснення зразка, у якому було задано зчеплення сталі з бетоном, на 33 % нижчі у порівнянні з незчепленим варіантом. Така відмінність пояснюється різним перебігом руйнівних процесів у бетонному ядрі. У першому випадку внаслідок виникнення перенапружень та мікротріщин в окремих мікрооб'ємах бетонне осердя ущільнюється. Розвиток тріщи-





**Рисунок 5.** Ізополя поздовжніх напружень  $N_x$  в стержневих елементах з'єднання: а – напруження в колоні без зчеплення бетону і труби; б – напруження в колоні зі зчепленням бетону і труби.

ноутворення більшого обсягу матеріалу до утворення суцільного розриву стримується сталевую трубою, що на даному етапі включається в роботу. Такий процес руйнування зі збереженням стабільної мінімальної несучої здатності підтверджує результати експериментальних досліджень [9, 10, 13].

При створенні дослідних моделей в заданих умовах дії сейсмічного циклічного навантаження більш стійким визначено труобетонний зра-

зок без зчеплення сталі з бетоном, який також дозволяє знизити внутрішні зусилля в сталевій оболонці від спільної дії зовнішніх навантажень і сейсмічних сил і, як наслідок, збільшити жорсткість і тривалість роботи усієї несучої конструкції.

Недоліком такого способу моделювання є неможливість дослідити протікання процесів перерозподілу навантажень за критерієм «час». Для їх вивчення необхідно проведення дослідного експерименту.

## Литература

1. Барашиков, А. Я. Модель напруженого стану труобетонної колони у складі проекту багатоповерхового житлового будинку / А. Я. Барашиков, О. В. Яцько // Состояние современной строительной науки : збірник наукових праць. – Полтава, 2010. – Вип. 8. – С. 272.

## References

1. Barashykov, A. Ya.; Yatsko, O. V. Stressed state model of guncrete pillar as a part of a project of a multistory dwelling building. *Modern Engineering Science: Collected scientific papers*. Poltava, 2010, Vol. 8, p. 272. (in Ukrainian).

2. Барашиков, А. Я. Эффективность трубобетонных конструкций у сейсмостойкому будівництві / А. Я. Барашиков, О. В. Яцько // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : збірник наукових праць. – Рівне, 2011. – Вип. 21. – С. 647.
3. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования : учебное пособие / В. Е. Боговис, Ю. В. Гензерский, Ю. Д. Гераймович [и др.]. – Киев : Вид-во «Факт», 2008. – 280 с.
4. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с.
5. Строительство в сейсмических районах Украины. Защита от опасных геологических процессов, вредных эксплуатационных влияний, от пожара : ДБН В.1.1-12:2006. – Взамен СНиП II-7-81\* ; введ. 2007-01-02. – К. : ГП «Укразхбудинформ», 2006. – 50 с.
6. Стороженко, Л. І. Трубобетонні конструкції промислових будівель : Монографія / Л. І. Стороженко, В. Ф. Пенц, С. Г. Коршун. – Полтава : ПолтНТУ, 2008. – 202 с.
7. Amit H. Varma. Seismic behavior and modeling of high-strength composite concrete-filled steel tube (CFT) beam-columns / Amit H. Varma, James M. Ricles, Richard Sause and Le-Wu Lu // Journal of Constructional Steel Research. – 2002. – Volume 58, Issues 5–8. – P. 725–758.
8. Chris, Chaseling. At the southern end of the Sydney central business district, a major steel high-rise building reaches skyward in steel – Latitude at World Square (Ernst & Young Centre) / Chris Chaseling // Modern Steel Construction. – December 2004. – P. 36–39.
9. Furlong, R. W. Design of steel-encased concrete beam-columns / R. W. Furlong // 7 Struct. Div, ASCE. – 1968. – 94(1). – P. 267–281.
10. Kilpatrick, A. E. (1997a). Tests on high-strength composite concrete columns / A. E. Kilpatrick, B. V. Rangan // Research Report, School of Civil Engineering, Curtin University of Technology. – 1997. – Perth, Western Australia, March. – P. 202.
11. Lu, W. Research on Seismic Behavior of Concrete-Filled Rectangular Steel Tubular Columns under Cyclic Loading / Lu W. // Master degree dissertation, Research Institute of Engineering Structures, Tongji University, P. R. China. (in Chinese).
12. Bruneau, M. Structural Fuses and Concrete-Filled Steel Shapes for Seismic- and Multi-Hazard Resistant Design / M. Bruneau & S. El-Bahey // Department of Civil, Structural, and Environmental Engineering, Weidlinger Associates Inc., Washington, D.C., USA.
13. Roeder, C. W. Composite action in concrete filled tubes / C. W. Roeder, B. Cameron, C. B. Brown // J. Struct. Eng. – 1999. – 125(5). – P. 477–484.
2. Barashykov, A. Ya.; Yatsko, O. V. Efficiency of guncrete structures in antiseismic construction. Resource economical materials, structures and buildings: Collected scientific papers. Rivne, 2011, Vol. 21, p. 647. (in Ukrainian).
3. Bogovis, V. E.; Genzerskii, Yu. V.; Geraimovich, Yu. D. et al. LIRA 9.4. Design samples: manual. Kyiv: Publish house «Fakt», 2008. 280 p. (in Russian).
4. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. DBN B.1.2-2:2006. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian).
5. Construction in seismic regions of Ukraine. Defense of dangerous geological processes, unfavourable operational influences, fire. DBN B.1.1-12:2006. Kyiv: GP «Ukrarhbudininform», 2006. 50 p. (in Russian).
7. Amit H. Varma, James M. Ricles, Richard Sause and Le-Wu Lu. Seismic behavior and modeling of high-strength composite concrete-filled steel tube (CFT) beam-columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 2002, Volume 58, Issues 5–8, p. 725–758.
8. Chris, Chaseling. At the southern end of the Sydney central business district, a major steel high-rise building reaches skyward in steel – Latitude at World Square (Ernst & Young Centre). *Modern Steel Construction*. December 2004, p. 36–39.
9. Furlong, R. W. Design of steel-encased concrete beam-columns. *7 Struct. Div, ASCE*, 1968, 94(1), p. 267–281.
10. Kilpatrick, A. E.; Rangan, B. V. (1997a). Tests on high-strength composite concrete columns. *Research Report, School of Civil Engineering, Curtin University of Technology*, 1997, Perth, Western Australia, March, p. 202.
11. Lu, W. Research on Seismic Behavior of Concrete-Filled Rectangular Steel Tubular Columns under Cyclic Loading. Master degree dissertation, Research Institute of Engineering Structures, Tongji University, P. R. China. (in Chinese).
12. M. Bruneau & S. El-Bahey. Structural Fuses and Concrete-Filled Steel Shapes for Seismic- and Multi-Hazard Resistant Design. Department of Civil, Structural, and Environmental Engineering, Weidlinger Associates Inc., Washington, D.C., USA.
13. Roeder, C. W.; Cameron, B.; Brown, C. B. Composite action in concrete filled tubes. *J. Struct. Eng.*, 1999, 125(5), p. 477–484.
14. Tarics, A. G. Concrete-filled steel columns for multistory construction. *Modern Steel Constr*, 1972, 12. p. 12–15.
15. Webb, J.; Peyton, J. J. Composite concrete filled steel tube columns. *Journal The Institution of Engineers Australian, Structural Engineering Conf.*, Adelaide, Australia, 1990, p. 181–185.
16. Xilin, L. U.; Weidong, L. U. Seismic behavior of concrete and steel composite columns under cyclic loading. *MS thesis*, Univ. of Ottawa, Ottawa, 2000, p. 8.

14. Tarics, A. G. Concrete-filled steel columns for multistory construction / A. G. Tarics // *Modern Steel Constr.* – 1972. – 12. – P. 12–15.
15. Webb, J. Composite concrete filled steel tube columns / J. Webb, J. J. Peyton // *Journal The Institution of Engineers Australian, Structural Engineering Conf., Adelaide, Australia.* – 1990. – P. 181–185.
16. Xilin, L. U. Seismic behavior of concrete and steel composite columns under cyclic loading / L. U. Xilin, L. U. Weidong // *MS thesis, Univ. of Ottawa, Ottawa.* – 2000. – P. 8.

**Барашиков Арнольд Якович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, дійсний член-кореспондент Академії будівництва України. Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки надійності елементів залізобетонних будівельних конструкцій і статично невизначених систем. Оцінка технічного стану та проектування залізобетонних та кам'яних конструкцій. Участь у розробці будівельних норм проектування.

**Яцько Ольга Валеріївна** – інженер-конструктор Лабораторії висотного будівництва Науково-дослідного інституту будівельного виробництва (НДІБВ). Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки надійності трубобетонних будівельних конструкцій у складі несучого каркасу висотного будинку. Участь у розробці будівельних норм проектування.

**Барашиков Арнольд Яковлевич** – д.т.н., професор, зведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций Киевского национального университета строительства и архитектуры, действительный член-корреспондент Академии строительства Украины. Научные интересы: развитие общей методики оценки надежности элементов железобетонных строительных конструкций и статически неопределимых систем. Оценка технического состояния и проектирования железобетонных и каменных конструкций. Участие в разработке строительных норм проектирования.

**Яцько Ольга Валерьевна** – инженер-конструктор Лаборатории высотного строительства Научно-исследовательского института строительного производства. Научные интересы: развитие общей методики оценки надежности трубобетонных строительных конструкций в составе несущего каркаса высотного здания. Участие в разработке строительных норм проектирования.

**Barashikov Arnold** – D. Sc., professor, the head of the department of reinforce concrete and stone structures of Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, full correspondent member of Construction Academy of Ukraine. Scientific interests: development of general technique of reliability estimation of reinforce concrete structures elements and statically non determinable systems. Technical state and reinforce concrete and timber structures testing. Taking part in development of building norms of design.

**Yatsko Olga** – an engineer-designer of the Laboratory of high constructing of Scientific Research of Building Industry. Institute of Scientific interests: development of general technique of reliability estimation of guncrete building structures as a part of load bearing frame of a high building. Taking part in development of building norms of design.

