

д.т.н., професор **Стороженко Л.І.**,  
д.т.н., професор **Єрмоленко Д.А.**,  
к.т.н., докторант **Мурза С.О.**,  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГНУЧКИХ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

*У статті проведено аналіз експериментальних досліджень гнучких стрижневих труобетонних конструкцій. Досліджено впливу на роботу стиснених труобетонних елементів гнучкості зразка, різних класів бетонів за міцністю та величини ексцентриситету навантаження, яке діє на елемент. Руйнування гнучких зразків відбувалось внаслідок втрати загальної стійкості. При цьому спостерігалось явно виражене викривлення поздовжньої вісі дослідного зразка. У позацентрово стиснутих зразках в момент втрати стійкості метал оболонки досяг межі плинності тільки в середній частині стиснутої зони*

*Ключові слова: труобетон, стрижневі конструкції, гнучкість.*

*The article analyzes experimental studies flexible rod concrete filled steel tubes constructionnyh. The influence of the work concrete filled steel tubes constructionnyh compressed sample elements of flexibility, different grades of concrete for durability and value of eccentricity load acting on the element. Destruction flexible sample occurred due to loss of overall stability. This was observed clearly pronounced curvature of the longitudinal axis of the test sample. In noncentral compressed samples at the time of buckling metal shell reached the turnover only in the middle of a compressed zone*

*Keywords: concrete filled steel tubes, rod construction, site flexibility.*

**Вступ.** Практика застосування сталезалізобетонних конструкцій налічує понад сто років, такі конструкції поєднують у собі залізобетон та сталеві прокатні профілі. Ці конструкції надзвичайно різноманітні, вони застосовуються при будівництві згинальних і стиснутих конструкцій, плит, їх застосовують при зведенні різноманітних споруд. Дослідження роботи гнучких сталезалізобетонних конструкцій при визначенні несучої здатності істотно зросло, оскільки руйнування таких конструкцій найчастіше пов'язане з втратою стійкості. На ряду з широким досвідом проектування сталезалізобетонних конструкцій залишається ряд недостатньо опрацьованих питань їх розрахунку.

Одним з таких є питання дослідження роботи гнучких трубобетонних елементів.

**Огляд останніх джерел і публікацій** На даний час накопичений великий експериментальний і теоретичний досвід щодо дослідження стиснених трубобетонних елементів. Різними авторами в різний час запропонована ціла низка методик для розрахунку трубобетонних елементів [1-5]. За їх результатами виходить, що трубобетонні елементи мають підвищену міцність і стійкість порівняно із сталевими. Проте результати розрахунку за несучою здатністю гнучких стиснених трубобетонних елементів отримуються різними. Причому чим більша гнучкість та чим більший початковий ексцентриситет прикладення навантаження, тим більша різниця отриманих результатів.

**Виділення невирішених раніше частин питання.** Аналізуючи проведені на теперішній час дослідження, що присвячені проблемі визначення несучої здатності трубобетонних елементів як в нашій країні так і за кордоном, можна виділити певну тенденцію в методі врахування несучої здатності – зменшення несучої здатності елементу шляхом множення цього значення на коефіцієнт, менший за одиницю, що враховує гнучкість і визначається в залежності від висоти і ексцентриситету прикладення навантаження. Тому програма експерименту була складена таким чином, щоб дослідити перш за все вплив даних факторів на несучу здатність.

**Постановка завдання.** Дослідження впливу на роботу стиснених трубобетонних елементів гнучкості зразка, різних класів бетонів за міцністю та величини ексцентриситету навантаження, яке діє на елемент.

**Виклад основного матеріалу.** При розробці програми експериментальних досліджень враховувалось, що несуча здатність і напружено-деформований стан трубобетонних елементів залежать від: конструктивного вирішення (геометричних розмірів), ексцентриситету прикладення навантаження і фізико-механічних властивостей вихідних матеріалів. За планом експерименту було виготовлено 2 групи зразків. Перша група зразків була виготовлена із сталевих

суцільнотягнутих труб зовнішнім діаметром  $D=102$  мм довжиною 2200 мм; із заповненням бетоном класів C12/15, C16/20 та C20/25. Для зразків цієї групи були виготовлені додаткові фасонки в напрямку прикладення ексцентриситету. Друга група зразків була виготовлена із сталевих суцільнотягнутих труб зовнішнім діаметром  $D=102$  мм довжиною 400, 1000, 1600, 2200 та 2800 мм із заповненням бетоном класу C12/15. Були досліджені також елементи із порожніх металевих труб, для виявлення ефективності роботи труботонних елементів. З метою визначення фізико-механічних властивостей бетонів випробовувались стандартні куби і призми.

ТБ-1-1...3

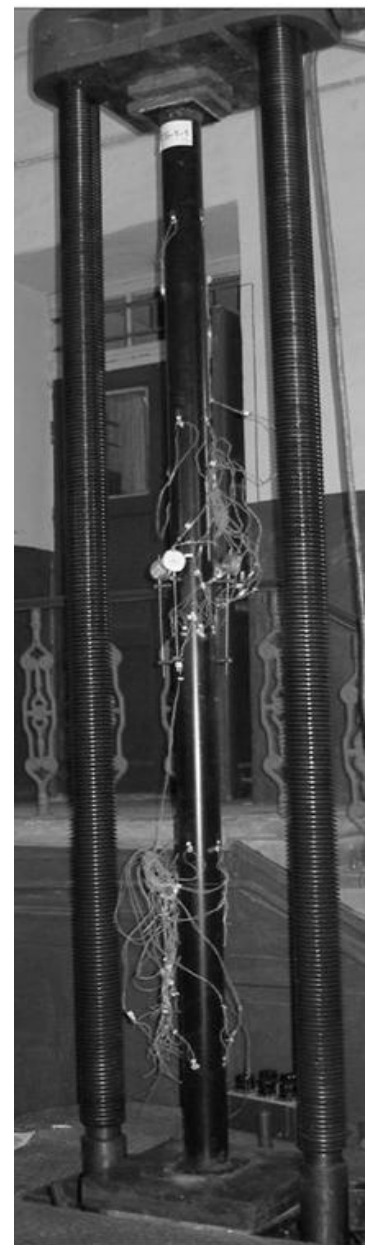
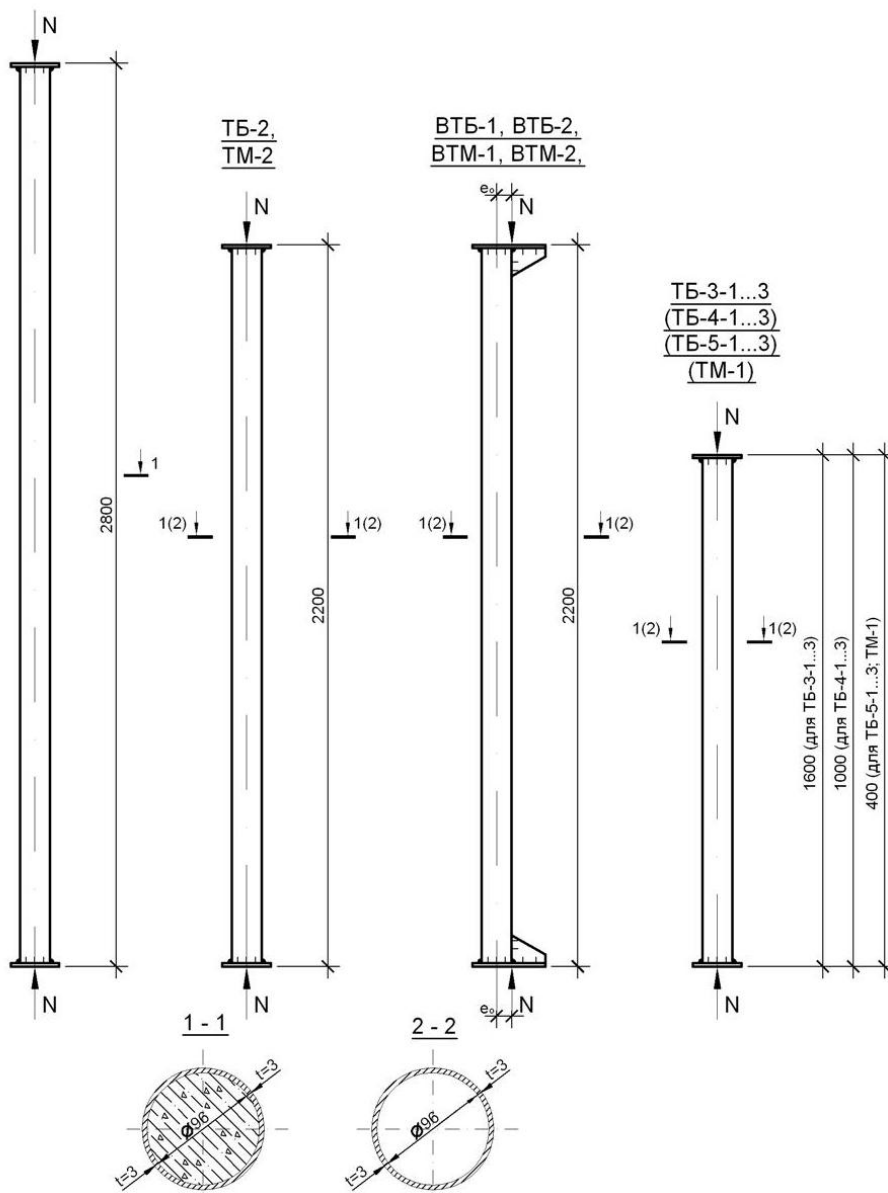


Рисунок 1. Конструкція експериментальних зразків

Випробування проводились на пресі ПММ-250 в лабораторії кафедри ЗБККіОП Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Навантаження прикладалось через шарніри. Нижня плита пресу закріплена за допомогою шарніру, а між верхньою плитою та дослідним зразком встановлювався ножовий шарнір. Поздовжні та поперечні деформації вимірювались за допомогою електротензорезисторів.

На всіх трубобетонних та металевих зразках, для заміру поздовжніх деформацій в середній частині встановлювались 4 індикатори годинникового типу з ціною поділок 0,01 мм на базі 200мм в двох взаємно перпендикулярних площинах.

В результаті проведених експериментальних випробувань встановлено, що на несучу здатність гнучких позацентрово стиснутих трубобетонних зразків найбільш істотно впливають поздовжні деформації стиснутої частини оболонки. У позацентрово стиснутих зразках в момент втрати стійкості метал оболонки досяг межі плинності тільки в середній частині стиснутої зони, внаслідок чого на лакових покриттях оболонки в цих місцях утворилися лінії Чернова-Людерса, які можна помітити на вигнутих зонах зразків (рисунок 2).

Слід зазначити, що в гнучких позацентрово стиснутих трубобетонних зразках деформації оболонки розтягнутої зони по абсолютній величині значно менші від деформацій стиснутої зони, їхні значення не досягають межі текучості навіть при руйнуванні зразків. Отже для характеристики напружено-деформованого стану гнучких позацентрово стиснутих трубобетонних елементів вирішальне значення має стиснута зона.

Процес перерозподілу напружень між трубою і бетоном при випробуванні трубобетонних зразків короткочасно діючим навантаженням в значній мірі залежить від відносної довжини елементів, ексцентриситету прикладання зовнішнього навантаження, відсотка армування, а також і від величини зовнішнього навантаження.

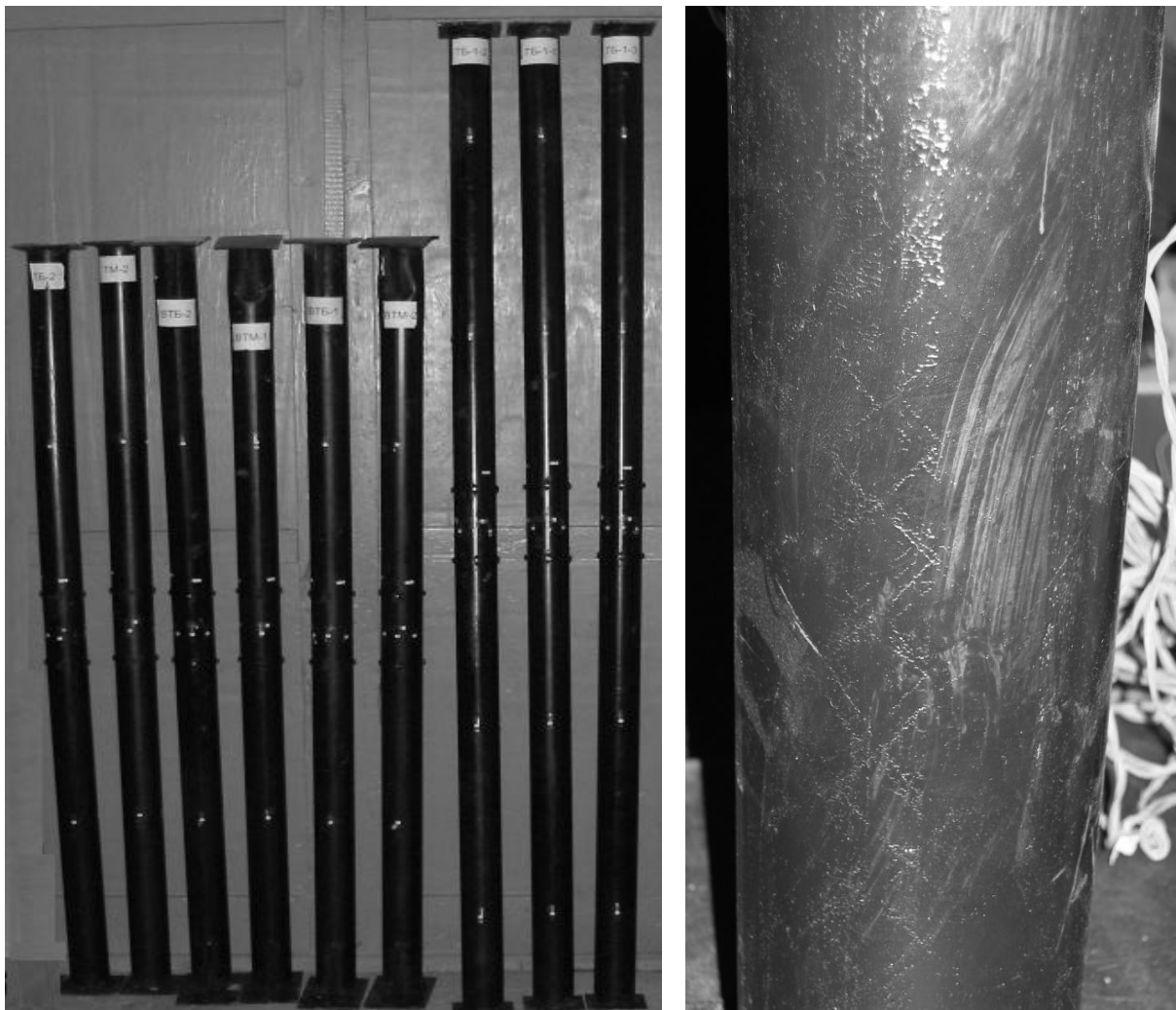


Рисунок 2. Характерні деформації оболонки дослідних зразків

Деформації трубчастих зразків незалежно від ексцентриситету і гнучкості елемента приблизно в два рази більші ніж деформації відповідних трубобетонних зразків (рисунок 3). Характер руйнування коротких та гнучких зразків різко відрізняється. Так короткі зразки руйнувались в наслідок втрати місцевої стійкості оболонкою і утворення поперечних званих гофр. Руйнування гнучких зразків відбувалось внаслідок втрати загальної стійкості. При цьому спостерігалось явно виражене викривлення поздовжньої вісі дослідного зразка.

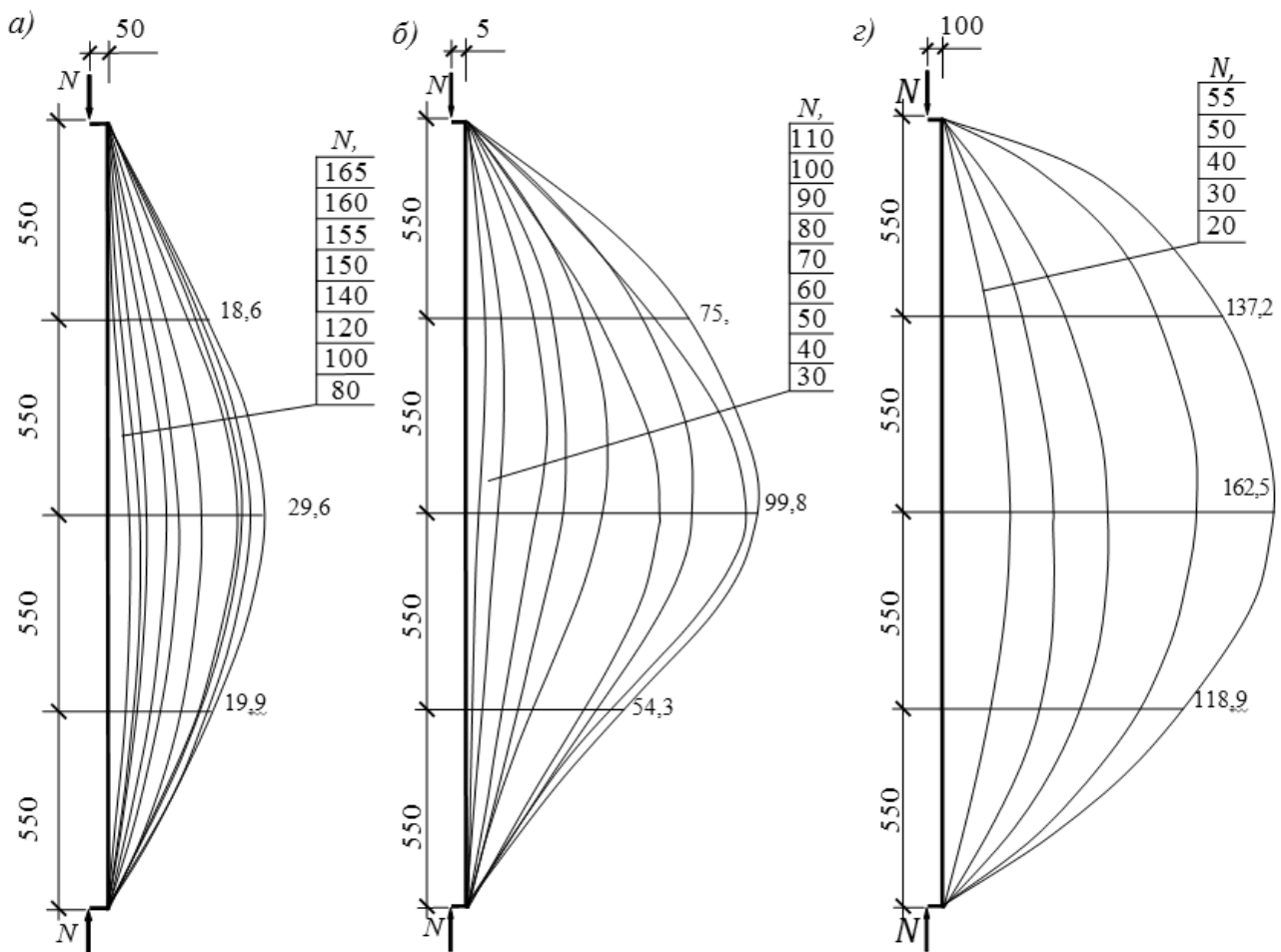


Рисунок 3. Деформації дослідних зразків

У позациентрово стиснутих зразках в момент втрати стійкості метал оболонки досяг межі плинності тільки в середній частині стиснутої зони, внаслідок чого на лакових покриттях оболонки в цих місцях утворилися лінії Чернова-Людерса, які можна помітити на увігнутих зонах зразків. Вісь зразків після випробувань залишалася викривленою, а вигини досягали значних величин.

Прилади в цей момент показували лавиноподібний приріст деформацій. Дослідні зразки вигиналися, після зняття навантаження в зразках спостерігалися явно виражені залишкові деформації, поздовжня вісь зразків залишалася викривленою.

**Висновки.** Виходячи із аналізу результатів експериментальних досліджень гнучких стиснених трубобетонних елементів можна зауважити, що перед

проектувальником, на сьогодні, постає ряд проблем, пов'язаних з чітким, нескладним і однозначним врахуванням гнучкості при розрахунку на несучу здатність. Необхідно враховувати всі ключові аспекти, це і різномірність матеріалу – сталь і бетон, вплив їх різних марок і класів на гнучкість, вплив їх сумісної роботи, трьохосний напружений стан бетону, різні стадії роботи сталеві труби під навантаженням – від поздовжньої несучої конструкції через сталеву обойму, до роботи за межею текучості.

### **Література**

1. Єрмоленко Д.А. Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: Монографія // Д. А. Єрмоленко – Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2012. – 316 с.
2. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
3. Стороженко Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко // – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 312с.
4. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц // – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 182 с.
5. Сталезалізобетон: збірник наукових праць / Ред. Л.І.Стороженко – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 386 с.