

УДК 624.075

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГНУЧКИХ РЕСУРСЕКОНОМНИХ СТРИЖНЕВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

СТОРОЖЕНКО Л. І. <sup>1\*</sup>, *д.т.н, проф.*,  
 ЄРМОЛЕНКО Д.А. <sup>2</sup>, *д.т.н, доцент*,  
 МУРЗА С.О. <sup>3</sup>, *к.т.н, докторант*.

<sup>1\*</sup> Кафедра конструкцій з металу дерева і пластмас, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: storleonid@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7864-6088

<sup>2</sup> Кафедра конструкцій з металу дерева і пластмас, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: yeda@ukr.net ORCID ID: 0000-0001-6690-238X

<sup>3</sup> Кафедра конструкцій з металу дерева і пластмас, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: s\_murza@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3256-5634

**Анотація. Мета.** Актуальним питанням є дослідження роботи гнучких сталезалізобетонних елементів, зокрема дослідження роботи трубобетонних конструкцій в залежності від довжини, ексцентриситету прикладання навантаження. **Методика.** Аналіз проведених експериментальних досліджень гнучких ресурсоекономних стрижневих сталезалізобетонних конструкцій. **Результати.** Із характеру розвитку відносних поздовжніх деформацій по довжині гнучкого позацентрово стиснутого зразка видно, що їх максимальні значення спостерігалися в середній частині зразка, а з наближенням до опор їх величини зменшувалися. Причому при початкових ступенях завантаження значення деформацій незначно відрізнялися, а в граничному стані їх відмінність була більш істотною. В гнучких позацентрово стиснутих трубобетонних зразках деформації оболонки розтягнутої зони по абсолютній величині значно менші ніж деформації стиснутої зони, що можна простежити за графіками, значення їх не досягають межі текучості навіть при руйнуванні зразків. Таким чином, для характеристики напружено-деформованого стану гнучких позацентрово стиснутих трубобетонних елементів вирішальне значення має стиснута зона. **Наукова новизна.** Наростання вигинів в пружній стадії роботи матеріалів відбувається незначно, а при досягненні матеріалом оболонки стиснутої зони межі текучості вигини різко зростають. Це явище пояснюється особливістю деформування бетону в трубі і його впливом на деформативність всього елемента в цілому. 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. Деформації трубчастих зразків незалежно від ексцентриситету і гнучкості елемента приблизно в два рази більші ніж деформації відповідних трубобетонних зразків. **Практична значимість.** Дослідження проблеми стійкості в гнучких сталезалізобетонних ресурсоекономних конструкціях при визначенні несучої здатності істотно зросло, оскільки руйнування сталезалізобетонних конструкцій найчастіше пов'язане з втратою загальної стійкості або їх окремих конструктивних елементів – місцевої втрати стійкості.

**Ключові слова:** сталезалізобетонні конструкції; трубобетонні конструкції; гнучкість; деформативність;

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГИБКИХ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ СТЕРЖНЕВЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

СТОРОЖЕНКО Л. И. <sup>1\*</sup>, *д.т.н, проф.*,  
 ЕРМОЛЕНКО Д.А. <sup>2</sup>, *д.т.н, доцент*,  
 МУРЗА С.А. <sup>3</sup>, *к.т.н, докторант*,

<sup>1\*</sup> Кафедра конструкций из металла дерева и пластмасс, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: storleonid@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7864-6088

<sup>2</sup> Кафедра конструкций из металла дерева и пластмасс, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: yeda@ukr.net ORCID ID: 0000-0001-6690-238X

<sup>3</sup> Кафедра конструкций из металла дерева и пластмасс, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: s\_murza@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3256-5634

**Аннотация. Цель.** Актуальным вопросом является исследование работы гибких сталезалізобетонных элементов, в частности исследования работы трубобетонных конструкций в зависимости от длины, эксцентриситета приложения нагрузки.

**Методика.** Анализ проведенных экспериментальных исследований гибких ресурсосберегающих стержневых сталежелезобетонных конструкций. **Результаты.** По характеру развития относительных продольных деформаций по длине гибкого внецентренно сжатого образца видно, что их максимальные значения наблюдались в средней части образца, а с приближением к опорам их величины уменьшались. Причем при начальных степенях загрузки значение деформаций незначительно отличались, а в предельном состоянии их отличие было более существенным. В гибких внецентренно сжатых трубобетонных образцах деформации оболочки растянутой зоны по абсолютной величине значительно меньше, чем деформации сжатой зоны можно проследить по графику, значение их не достигают предела текучести даже при разрушении образцов. Таким образом, для характеристики напряженно-деформированного состояния гибких внецентренно сжатых трубобетонных элементов решающее значение имеет сжатая зона. **Научная новизна.** Нарастание изгибов в упругой стадии работы материалов происходит незначительно, а при достижении материалом оболочки сжатой зоны предела текучести изгибы резко возрастают. Это явление объясняется особенностью деформирования бетона в трубе и его влиянием на деформативность всего элемента в целом. Процесс перераспределения напряжений между трубой и бетоном при испытании трубобетонных образцов кратковременно действующим нагрузкам в значительной степени зависит от относительной длины элементов, эксцентриситета приложения внешней нагрузки, процента армирования, а также и от величины внешней нагрузки. Деформации трубчатых образцов независимо от эксцентриситета и гибкости элемента примерно в два раза больше чем деформации соответствующих трубобетонных образцов. **Практическая значимость.** Исследование проблемы устойчивости в гибких сталежелезобетонных ресурсосберегающих конструкциях при определении несущей способности существенно возросло, поскольку разрушение сталежелезобетонных конструкций чаще всего связано с потерей общей устойчивости или их отдельных конструктивных элементов - местной потери устойчивости.

**Ключевые слова:** сталежелезобетонные конструкции; трубобетонные конструкции; гибкость; деформативность;

## MAIN FEATURES WORK FLEXIBLE RESOURCE BAR COMPOSITE STRUCTURES

STOROZHENKO L.I. <sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
ERMOLENKO D.A. <sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Associate Professor*,  
MURZA S.O. <sup>3</sup>, *Ph.D., Doctoral student*.

<sup>1\*</sup> Department of constructions of metal, wood and plastics, the Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomajskij Prospect, 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: storleonid@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7864-6088

<sup>2</sup> Department of constructions of metal, wood and plastics, the Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomajskij Prospect, 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: yeda@ukr.net ORCID ID: 0000-0001-6690-238X

<sup>3</sup> Department of constructions of metal, wood and plastics, the Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomajskij Prospect, 24, 36011, Poltava, Ukraine, tel. +38 (05322) 2-98-75, e-mail: s\_murza@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3256-5634

**Abstract. Purpose.** Important issue is to study the work of flexible composite elements, in particular research work concrete filled steel tubes construction designs depending on the length of the eccentricity of the load. **Methodology.** Analysis of experimental studies of flexible resource-core composite structures. **Findings.** By the nature of the relative longitudinal deformations along the length of the flexible eccentrically compressed sample shows that the peak value is observed in the middle of the sample, and with the approach of the supports to their magnitude decreases. And when the initial value of the degree of loading deformations slightly different, but the ultimate limit state the difference between them was more significant. In flexible eccentrically compressed concrete filled steel tubes construction samples stretched shell deformation zones in absolute value is considerably less than the compressive strain zones can be traced to the schedule, they do not reach the value of the yield stress, even the destruction of the samples. Thus, to describe the stress-strain state of flexible eccentrically compressed concrete filled steel tubes construction elements crucial to the compressed area. **Originality.** The growth curves in the elastic stage of the work material occur slightly, and when the shell material compressed zone yield curves sharply. This phenomenon is explained by the characteristic deformation of concrete in the tunnel and its influence on the deformability of the element as a whole. The process of redistribution of stresses between the pipe and concrete in the test samples concrete filled steel tubes construction short-acting stress is largely dependent on the relative lengths of the elements, the eccentricity of the application of an external load, the reinforcement ratio, as well as the magnitude of the external load. Deformations of tubular specimens regardless of eccentricity and flexible member are about two times greater than the deformation concrete filled steel tubes construction respective samples. **Practical value.** Investigation of the stability problem in flexible composite structures resource in determining the bearing capacity has increased significantly since the destruction of composite structures is most often associated with the loss of overall stability or their individual components - local buckling.

**Keywords:** composite structures; concrete filled steel tubes construction; flexibility; deformability;

### Постановка проблеми

На даний момент створення енергоефективних та ресурсоекономних конструкцій є першочерговими задачами розвитку будівельних конструкцій. Зважаючи на це широкого розвитку набуло питання пошуку нових видів сполучень сталі і бетону для їх раціональної спільної роботи. Робота в данному напрямку є перспективною, оскільки забезпечує економію матеріалів, енергозатрат і трудомісткості. Усім цим вимогам відповідають комплексні сталезалізобетонні конструкції, до складу яких входять прокатні профілі, стрижнева арматура та бетон.

Сталезалізобетонні конструкції отримали широке розповсюдження в усьому світі. Уже доведено, що їх раціонально застосовувати для перекриття великих прольотів (плити, балки, ригелі, ферми і т.д.), стійок, які сприймають великі навантаження (колони промислових та цивільних будівель, стояки різного призначення, опори ЛЕП і т.д.), в інженерних спорудах. Поперечні перерізи таких конструкцій можуть бути найрізноманітніші. При використанні сталезалізобетонних конструкцій зменшується маса будівель, дуже часто можна обійтися без опалубки, закладних деталей.

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 питання стійкості в гнучких сталезалізобетонних конструкціях при визначенні несучої здатності істотно зросло, оскільки руйнування сталезалізобетонних конструкцій найчастіше пов'язане з втратою загальної стійкості або їх окремих конструктивних елементів – місцевої втрати стійкості.

На ряду з широким досвідом проектування сталезалізобетонних конструкцій залишається ряд недостатньо пропрацьованих питань їх розрахунку. Одним з таких є питання дослідження роботи гнучких елементів.

### Аналіз останніх досліджень

Сталезалізобетонні стрижневі конструкції надзвичайно різноманітні: це стояки й колони, балки й ригелі, плити покриттів і перекриттів, просторові конструкції. Вони застосовуються при будівництві згинальних і стиснутих конструкцій, їх використовують при зведенні різноманітних споруд [7]. Застосування сталевих профілів, листової арматури як винесеного армування, в стиснуто-зігнутих конструкціях дозволяє знизити витрати на опалубочні роботи, зменшити вагу конструкції спростити процес зведення колон, монолітних та збірних покриттів будівель і споруд [5].

На даний час накопичений великий експериментальний і теоретичний досвід щодо дослідження гнучких стиснених труботонних елементів. Різними авторами в різний час запропонована ціла низка методик для розрахунку труботонних елементів. Заслужують особливої уваги експериментальні дослідження проведені авторами [1-7]. За їх результатами виходить, що труботонні елементи мають підвищену міцність і стійкість порівняно із сталевими. Проте результати розрахунку за несучою здатністю гнучких стиснених труботонних елементів отримуються різними. Причому чим більша гнучкість та чим більший початковий ексцентриситет прикладення навантаження, тим більша різниця отриманих результатів. Основною причиною, що призвело до появи багаточисленних методик розрахунку труботонних елементів є те, що важко зафіксувати момент руйнування труботонного зразка під навантаженням.

### Мета

Метою даної статті є дослідження особливостей роботи гнучких ресурсоекономних стрижневих сталезалізобетонних конструкцій.

### Виклад основного матеріалу

При проектуванні сталезалізобетонних конструкцій ставиться завдання позбутися недоліків сталевих і залізобетонних конструкцій. однією з основних конструктивних задач є така, щоб в сталезалізобетонній конструкції бетон працював на стиск, а сталь – на розтяг. Як показує досвід проектування сталезалізобетонних конструкцій, у багатьох випадках цю вимогу вдається задовольнити. І дійсно, незважаючи на прогрес у розвитку, залізобетонні конструкції завжди будуть залишатися важкими, а сталеві конструкції відрізнятимуться підвищеною металоємністю. Багато видів сталезалізобетонних конструкцій можна виготовляти без опалубки, тому що її роль виконує профільована чи листовая арматура. Арматура у вигляді сталевих листів та прокатних профілів дозволяє ефективно використовувати сталезалізобетонні конструкції з великим відсотком армування при обмежених розмірах перерізу. Ці конструкції мають суттєві переваги при проектуванні та будівництві різних будівель і споруд. Але на даний момент недостатньо дослідженою є питання роботи гнучких стрижневих сталезалізобетонних елементів конструкцій. В деяких випадках розміри перерізу сталезалізобетонного елемента є такими, що при навантаженні елемент може втратити не тільки місцеву, але й загальну стійкість.

Загальноприйнятим та достатньо обґрунтованим на сьогодні є розрахунок труботонних елементів, запропонований в [2, 3, 6]. Для визначення впливу гнучкості використовуються не лише розрахункові довжини елемента та геометричні характеристики, а

й коефіцієнти, що враховують особливості сумісної роботи та трьохосного напружено-деформованого стану бетонного осердя.

Аналізуючи способи розрахунків науковців, що займалися проблемою визначення несучої здатності трубобетонних елементів як в нашій країні так і за кордоном, можна виділити певну консолідацію дослідників в методі врахування несучої здатності – зменшення несучої здатності елемента шляхом множення цього значення на коефіцієнт, менший за одиницю, що враховує гнучкість і визначається в залежності від висоти і ексцентриситету прикладення навантаження.

В гнучких позacentрово стиснутих трубобетонних зразках деформації оболонки розтягнутої зони по абсолютній величині значно менші ніж деформації стиснутої зони, що можна простежити за графіками, значення їх не досягають межі текучості навіть при руйнуванні зразків. Отже, для характеристики напружено-деформованого стану гнучких позacentрово стиснутих трубобетонних елементів вирішальне значення має стиснута зона.

Варто відмітити, що нейтральна вісь найближчих до опор перерізів переміщуються при збільшенні навантаження. Але найбільш деформативним виявляється середній переріз. До того ж, при початкових ступінях завантаження деформації незначно відрізняються, але в момент досягнення граничного стану їх розходження стає більш суттєвим. Так на відстані 1/3 довжини зразків відносні поздовжні деформації склали 94%, на 1/6 довжини 89% по відношенню до величини відповідних деформацій у середньому перерізі. Дослідження гнучкого трубобетонного елемента наведено на рис.1.

Гнучкість тісно пов'язана з питанням стійкості. Для можливості теоретичної оцінки стійкості необхідно мати уявлення про розподіл поздовжніх напружень у більш напруженому поперечному перерізі. Тому метою досліджень було встановити характер розподілу деформацій у площині розрахункового перерізу.

Аналіз графіків рис. 2-3 показує, що вигини трубобетонних зразків були значно менше вигинів трубчастих, причому ефект трубобетону зменшувався зі збільшенням ексцентриситету програми зовнішнього навантаження і довжини зразків. Криві, що характеризують зміну вигинів по довжині зразків, мають однаковий обрис як для трубобетонних, так і для трубчастих зразків.

Необхідно відзначити, що всі графіки, що характеризують залежність вигинів від навантаження, мають криволінійний характер.

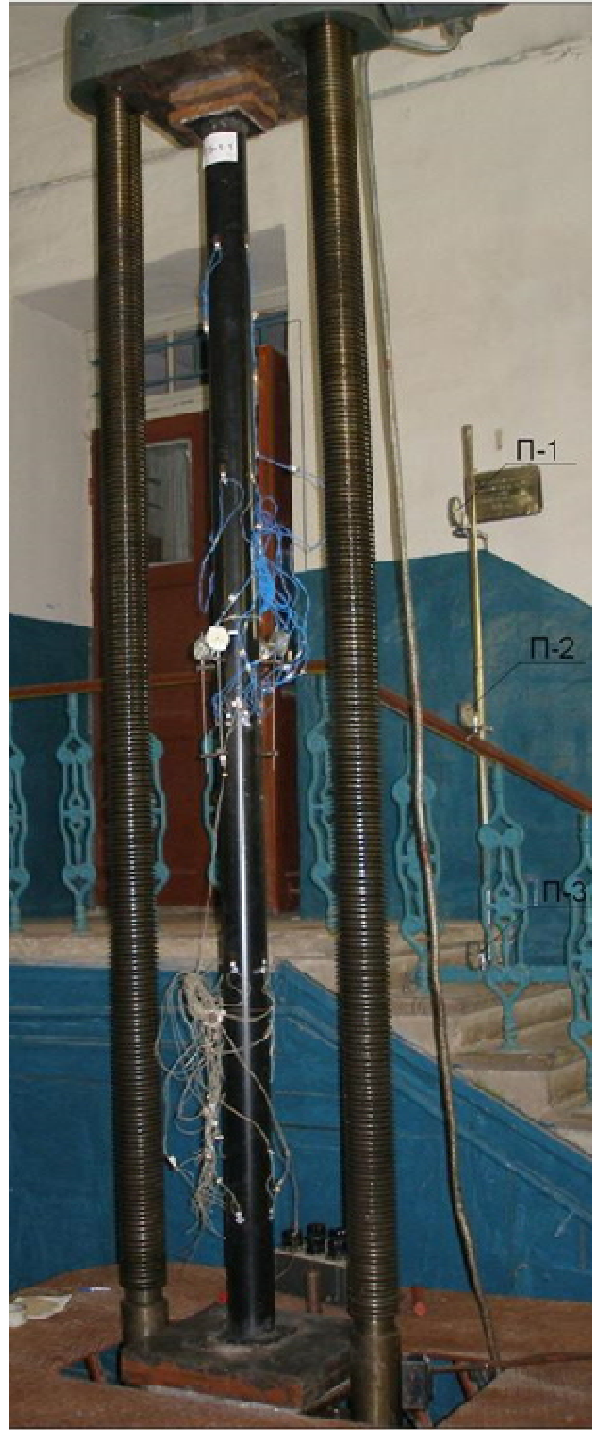


Рис. 1. Випробування гнучкого трубобетонного елемента / Tests flexible element

Наростання вигинів в пружній стадії роботи матеріалів відбувається незначно, а при досягненні матеріалом оболонки стиснутої зони межі текучості вигини різко зростають. Це явище пояснюється особливістю деформування бетону в трубі і його впливом на деформативність всього елемента в цілому.

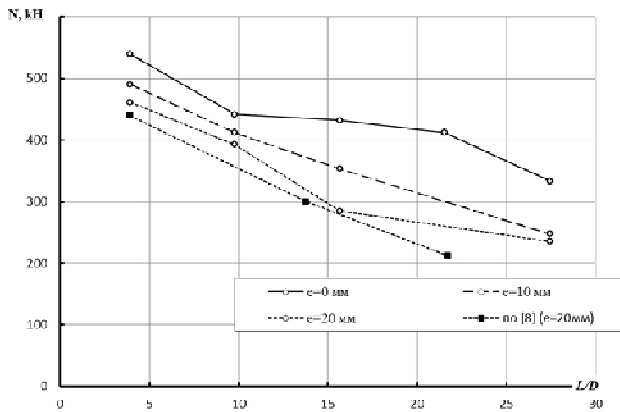


Рис. 2. Залежність руйнуючого навантаження від величини початкового ексцентриситету / Dependence of destroying the load eccentricity

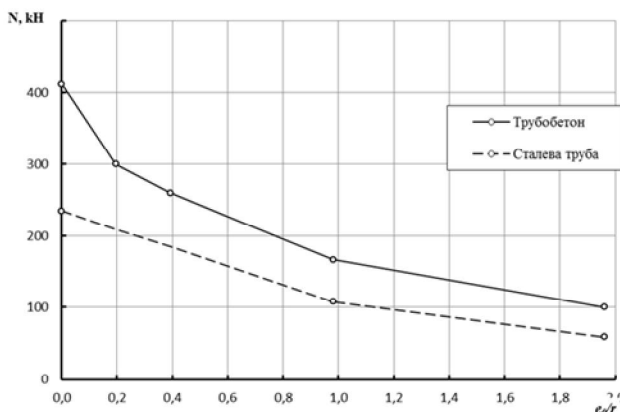


Рис. 3. Залежність руйнуючого зусилля від відносного ексцентриситету / Dependence of destroying efforts relative eccentricity

Поздовжні і поперечні деформації залежать від міцності бетонного осердя, що видно на графіках. Зі збільшенням міцності бетону деформації значно зменшуються. Із характеру розвитку відносних поздовжніх деформацій по довжині гнучкого позациентрово стиснутого зразка видно, що їх максимальні значення спостерігалися в середній частині зразка, а з наближенням до опор їх величини зменшувалися. Причому при початкових ступенях завантаження значення деформацій незначно відрізнялися, а в граничному стані їх відмінність була більш істотною. Із характеру розвитку поздовжніх і поперечних деформацій по периметру поперечного перерізу залежно від навантаження при різній відносній довжині зразків видно, що їх розподіл по периметру нерівномірний.

Зі збільшенням навантаження процес перерозподілу напружень носив зростаючий характер, наприкінці пружної стадії роботи металу оболонки наростання напруги в бетоні дещо сповільнилося, а при досягненні металом межі текучості і за його межею напружену в бетоні різко зростали.

Поздовжні і поперечні деформації трубобетонних елементів навіть при малих навантаженнях мають

криволінійний характер, що пояснюється особливістю деформування бетону в трубі. Поперечні деформації зразків на початку завантаження розвивалися незначно, а з наближенням до граничного різною відносною довжиною в граничному стані і за його межами асимптотично наближаються одна до одної.

Напруження в стиснутій зоні труби зі збільшенням навантаження інтенсивно зростають і в межах пружної роботи металу носять лінійний характер. З досягненням межі текучості зростання поздовжніх напружень в трубі фактично припиняється.

Аналіз досліджень [3] показав, що бічний тиск, що перешкоджає поперечному розширенню бетонного осердя та розвитку в ньому мікротріщин, утворює об'ємного напружений стан. Цим пояснюються багато властивостей трубобетону: підвищена несуча здатність і значна деформативність. Складне завантаження бетонного осердя в трубобетоні, яке можливе завдяки наявності бічного тиску, не тільки затримує виникнення тріщин відриву, але і перешкоджає їх розвитку. Завдяки бічному тиску процес деформації трубобетону без порушення зв'язності бетону стиснутої зони може йти дуже далеко, а величини деформацій стають настільки значними, що бетон частково переходить в псевдо-пластичний стан.

Вигини в трубобетонних елементах знаходилися в прямій залежності від ексцентриситету прикладання зовнішнього навантаження.

Ефект бетону підвищувати несучу здатність трубобетонних елементів в цілому при великих ексцентриситетах і гнучкостях зменшується, але при цьому бетон підвищує місцеву стійкість стінки і не дає сплющуватися трубі. З цієї точки зору заповнювати труби бетоном в таких конструкціях доцільно.

Зі збільшенням відносної довжини елементів коефіцієнт поперечних деформацій зростає при цьому криві, що його характеризують для зразків із впливають ні міцність бетону, ні довжина зразка. Суттєвим лише є вплив ексцентриситету прикладання зовнішнього навантаження. По різному розташовується нейтральна вісь у перерізах залежно від їх знаходження за висотою. Характер руйнування коротких та гнучких зразків зыско відрізняється. Так короткі зразки руйнувалися 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.

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.



Рис. 4. Характер руйнування трубобетонного зразка / Fracture pattern

Прилади в цей момент показували лавиноподібний приріст деформацій, а стрілка силоміру рухалася в зворотному напрямку. Дослідні зразки вигиналися, що було помітно навіть неозброєним оком. Після зняття навантаження в зразках спостерігалися явно виражені залишкові деформації, поздовжня вісь зразків залишалася викривленою (рис. 4).

### Результати

Перерозподіл 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.

### Наукова новизна та практична значимість

Аналіз проведених досліджень показав що, наростання деформацій в пружній стадії роботи матеріалів відбувається незначно, а при досягненні матеріалом оболонки стиснутої зони межі текучості вигини різко зростають. Це явище пояснюється особливістю деформування бетону в трубі і його впливом на деформативність всього елемента в цілому. Деформації трубчастих зразків незалежно від ексцентриситету і гнучкості елемента приблизно в два рази більші ніж деформації відповідних трубобетонних зразків. Дослідження проблеми стійкості в гнучких сталезалізобетонних ресурсоекономних конструкціях при визначенні несучої здатності істотно зросло, оскільки руйнування сталезалізобетонних конструкцій найчастіше пов'язане з втратою загальної стійкості або їх окремих конструктивних елементів – місцевої втрати стійкості.

### Висновки

Підсумовуючи вищевикладений матеріал можливо зазначити, що задача урахування стійкості в гнучких сталезалізобетонних елементах є багатогранною та недостатньо дослідженою. А отже подальший розгляд і дослідження питань стійкості сталезалізобетонних конструкцій є актуальною і невідомою складовою їх розвитку.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Броуде Б.М. Об устойчивости труб круглого сечения, заполненных бетоном, при центральном сжатии // Металлические конструкции. НИА РКК и Гипстальмост, 1934. – № 4. – С. 140-151.

Broude B.M. Ob ustoychivosti trub kruglogo secheniya, zapolnennykh betonom, pri tsentral'nom szhatii // Metallicheskiye konstruksii. NIA RKK i Gipstal'most, 1934. – № 4. – S. 140-151.

2. Буцький В. Узагальнений підхід до розрахунку трубобетонних конструкцій / В.М.Буцький // Збірник наукових статей “Проблеми теорії та практики залізобетону”. – Полтава: ПДТУ ім. Ю.Кондратюка, 1997. – с.64-67.

Buts'kiy V. Uzagal'neniy pidkhid do rozrakhunku trubobetonnykh konstruksiy / V.M.But's'kiy // Zbirnik naukovikh statey “Problemi teoriy ta praktiki zalizobetonu”. – Poltava: PDTU im. YU.Kondratyuka, 1997. – s.64-67.

3. Єрмоленко Д.А. Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: Монографія // Д. А. Єрмоленко – Полтава: Видавець

Шевченко Р.В., 2012. –316 с.: Ил.: 157; табл.: 16; библиогр: 404

Ermolenko D.A. Ob'ëmniy napruzhenno-deformovaniy stan trubobetonnykh yelementiv: Monografiya // D. A. Ermolenko – Poltava: Vidavets' Shevchenko R.V., 2012. –316 s., tabl.: 16; bibliogr: 404.

4. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Труль В.А. Конструкции из стальных труб заполненных бетоном. – М.: Стройиздат, 1974. – 145 с.

Kikin A.I., Sanzharovskiy R.S., Trull' V.A. Konstruktsii iz stal'nykh trub zapolnennykh betonom. – M.: Stroyizdat, 1974. – 145 s.

5. Клименко Ф.Є. Розробка, дослідження та застосування у будівництві сталобетонних конструкцій. – Львів: Світ, 2001. – 169с.

Klimenko F.Ê. Rozrobka, doslïdzhennya ta zastosuvannya u budïvnitstvï stalebetonnykh konstruktsiy. – Lvïv: Svït, 2001. – 169s.

6. Стороженко Л.И. Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием // Дис. ... д-ра техн. наук. – Кривой Рог, 1982. – 503 с.

Storozhenko L.I. Ob"yemnoye napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye zhelezobetona s kosvennym armirovaniyem // Dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Krivoy Rog, 1982. – 503 s.

7. Стороженко Л.И., Лапенко О.И. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія.– Полтава: ПолтНТУ, 2008. –312с.

Storozhenko L.Í., Lapenko O.Í. Zalizobetonní konstruktsií v neznímniy opalubtsí: Monografiya.– Poltava: PoltNTU, 2008. –312s.

Статья поступила в редколлегию 24.04.2015