

Разрушение образцов серий ТБ-1 и БВТ-1 с составами бетона 2, 3, 4, 5 отношением  $t/D = 0,022$  происходило путем плавного равномерного среза бетонного сердечника по внутренней поверхности оболочки. При возрастании нагрузки и достижении максимального усилия  $N_2$  образцы характеризовались развитием срезов под углом 20–35°.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что использование высокопрочных бетонов в качестве ядра трубобетонных элементов позволяет полностью использовать прочностные свойства стали. Кроме того, использование в трубобетонных конструкциях высокопрочных бетонов также позволяет улучшить его эксплуатационные характеристики и существенно повысить несущую способность конструктивного элемента в целом, не увеличивая поперечного сечения. На несущую способность наибольшее влияние оказывает прочность бетонного ядра и способ передачи нагрузки. На общую эффективность конструктивного элемента влияет коэффициент армирования и прочность бетонного ядра.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стороженко, Л.І. Трубобетон: монографія / Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко, О.І. Лапенко – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – 306 с.
2. Кикин, А.И. Конструкции из стальных труб заполненных бетоном / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль – М.: Стройиздат, 1974. – 145с.
3. Mechanical Properties of High Strength Concrete Filled Steel Tubular Columns / Ke Feng Tan, Lai Bao Liu// Advanced Materials Research Vols. 472-475 (2012) – P. 1119-1125.
4. Кришан, А.Л. Сталетрубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром / А.Л. Кришан, М.Ш. Гареев, А.И. Сагалатов // Бетон и железобетон. – 2004. – № 6. – С. 11–14.
5. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація / Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін, В.І. Єфіменко, В.І. Вербицький – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 448 с.
6. Стороженко, Л. Напружено-деформований стан осердя трубобетонних елементів / Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. – Вып. № 56. – Дн-вск.: ПГАСА, 2010. – С. 504–509.

УДК 624.015.5

*Стороженко Л.И., Мурза С.А., Нижник А.В., Дрижурек Ю.В.*

#### АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИБКИХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Сталежелезобетонные конструкции с жестким армированием имеют много преимуществ, главное из них - это отсутствие опалубки, возможность изготавливать комплексные конструкции, в которых совместно работают железобетон и стальные профили. Уже доказано, что их рационально применять для перекрытия больших пролетов (плиты, балки, ригели, фермы и т.д.), стоек, воспринимающих большие нагрузки (колонны промышленных и гражданских зданий, опоры ЛЭП и т.д.), в инженерных сооружениях. Поперечные сечения таких конструкций могут быть самые разнообразные. При использовании сталежелезобетонных конструкций уменьшается масса зданий, очень часто можно обойтись без опалубки, закладных деталей.

При исследовании и строительстве таких конструкций важным становится фактор устойчивости. Значение расчета на устойчивость для указанных конструкций существенно возросло, поскольку разрушение сталежелезобетонных конструкций чаще всего связано с потерей общей устойчивости конструкции или их отдельных конструктивных элементов.

Сталежелезобетонные конструкции чрезвычайно разнообразны: это стойки и колонны, балки и ригели, плиты покрытий и перекрытий, пространственные конструкции. Они применяются при строительстве изгибающих и сжатых конструкций, их используют при возведении различных сооружений [3, 4]. Применение стальных профилей, листовой арматуры как внешнего армирования, в сжато-изогнутых конструкциях позволяет снизить затраты на опалубочные работы, уменьшить вес конструкции упростить процесс возведения колонн, монолитных и сборных покрытий зданий и сооружений [3].

При изготовлении конструкций с внешним армированием необходимо обеспечить устойчивость отдельных элементов. Потеря устойчивости отдельных элементов может привести к изменению расчетной схемы, в свою очередь может привести к разрушению конструкции в целом [1].

Использование арматуры в виде стальных листов и прокатных профилей, для комплексных сталежелезобетонных конструкций, позволяет эффективно их использовать при ограниченных размерах сечения. Эти конструкции имеют существенные преимущества при проектировании и строительстве различных зданий и сооружений [3]. Недостаточно исследованной является проблема потери как местной устойчивости стального листа или прокатного профиля, входящего в конструкции так и общей устойчивости гибких стержневых конструкций. Целью данной статьи является анализ проведенных исследований гибких сталежелезобетонных стержневых конструкций и вопросы влияния фактора устойчивости на них.

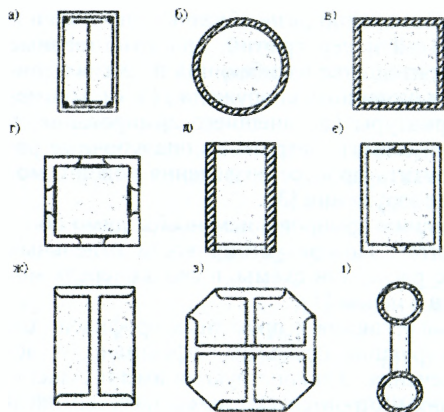
Сталежелезобетонные конструкции имеют существенные преимущества при проектировании и строительстве различных зданий и сооружений. Но при их проектировании возникают вопросы относительно размеров поперечного сечения и способов армирования. Нерешенные вопросы устойчивости отдельных элементов при проектировании таких конструкций заставляют использовать приближенные методы расчета, которые приводят к излишним затратам материалов, а в некоторых случаях и к недостаточной надежности конструкций. Для повышения эффективности и более широкого распространения конструкций с вынесенным внешним армированием необходима разработка соответствующей теории и методов расчета на устойчивость.

В настоящее время сталежелезобетонные конструкции, представляющие собой сочетание профильной стали, стержневой арматуры и бетона для их совместной работы, получили широкое распространение во всем мире. Это объясняется их высокой технико-экономической эффективностью (рис. 1).

Сталежелезобетонные конструкции лучше соответствуют конкретным требованиям, предъявляемым при строительстве того или иного объекта, и позволяют сравнительно легко решать сложные инженерные задачи.

Жесткую арматуру применяют с целью уменьшения размеров сечения сжатых элементов в монолитных конструкциях высотных зданий, для возведения которых требуется устройство сложных дорогостоящих лесов. В период сооружения таких конструкций жесткой арматуры используют как стойки леса, на которые передают нагрузку от опалубки, бетонной смеси и монтажных приспособлений. После снятия опалубки жесткая арматура воспринимает нагрузки вместе с бетоном.

В качестве жесткой арматуры применяют прокатную сталь швеллерного, двутаврового и другого крупного профиля или сварные каркасы из укрупненных круглых стержней или мелких уголков. Сечение жесткой арматуры принимают наименьшим ( $\mu = 3 \div 8\%$ ) из условия восприятия нагрузок в процессе возведения конструкций. Совместная работа жесткой арматуры и бетона класса В15 и более, при наличии хомутов, надежно обеспечивается вплоть до разрушения при  $\mu \leq 15\%$ .



а) с внутренним жестким армированием; б), в) трубобетонные из круглых и квадратных труб; г), д) с уголками и пластинами вдоль граней; е), ж), з) в виде стальных профилей с заполненными полостями; и) составное сечение из трубобетонных ветвей

Рисунок 1 - Поперечные сечения сталежелезобетонных стержневых конструкций (колон)

Армирование ядра сталежелезобетонных конструкций (с внешним и внутренним армированием) позволяет уменьшить размеры сечения. Уменьшение размеров сечения может привести к повышению гибкости конструкции, что в свою очередь может привести к потере устойчивости. Расчет таких конструкций нормы рекомендуют выполнять так же, как и сталежелезобетонных конструкций с внутренним армированием, однако фактически бетон внутри конструкций этого класса находится в объемном напряженном состоянии, поэтому его расчетное сопротивление допускается учитывать с коэффициентом условий работы 1,1 при  $\mu \leq 15\%$  и коэффициентом 1,0 при  $\mu > 15\%$ .

В настоящее время накоплен большой экспериментальный и теоретический опыт по исследованию гибких сжатых трубобетонных элементов. Разными авторами в разное время предложен целый ряд методик для расчета трубобетонных элементов. Заслуживают особого внимания экспериментальные исследования проведенные авторами [2]. По их результатам получается, что трубобетонные элементы имеют повышенную прочность и устойчивость по сравнению со стальными. Однако результаты расчета по несущей способности гибких сжатых трубобетонных элементов получаются разными. Причем чем больше гибкость и чем больше начальный эксцентриситет приложения нагрузки, тем больше разница полученных результатов. Основной причиной, что привело к появлению многочисленных методик расчета трубобетонных элементов является то, что трудно зафиксировать момент разрушения трубобетонных образцов под нагрузкой.

Анализируя способы расчетов ученых, занимавшихся проблемой определения несущей способности и деформативности трубобетонных элементов как в нашей стране так и за рубежом, можно выделить определенную консолидацию исследователей в методе учета несущей способности - уменьшение несущей способности элемента путем умножения этого значения на коэффициент, меньше единицы, учитывающий гибкость и определяется в зависимости от высоты и эксцентриситета приложения нагрузки.

Характер разрушения гибких трубобетонных элементов показал, что бетон в сжатой зоне частично переходил в пластическое состояние, а металл оболочки в этой зоне достигал предела текучести. В этот период на поверхности лакового покрытия трубобетонных элементов в сжатой зоне появлялись линии Чернова-Людерса (рис. 2), а в образцах с пустых труб, незаполненных бетоном, происходило местное выпучивание стенок, появлялись складки.

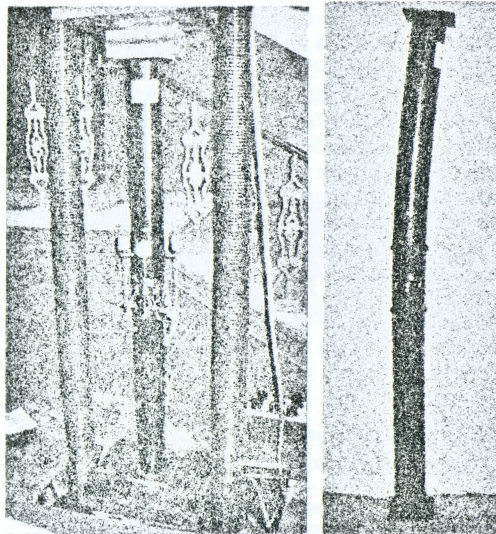


Рисунок 2 – Характер разрушения гибких внецентренно сжатых исследовательских трубобетонных образцов

При значительных эксцентриситетах, в результате исключения из работы части сечения бетонного ядра растянутой зоны, эффективность трубобетона снижается, но наличие бетонного ядра значительно повышает местную устойчивость стенки трубы, что дает возможность использовать несущую способность металла полностью (рис. 3, 4).

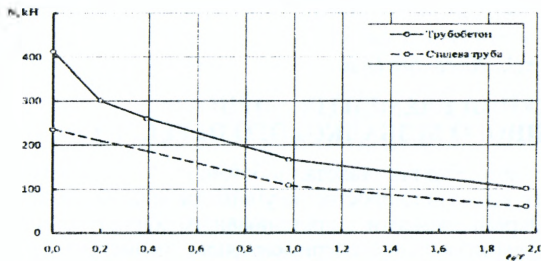


Рисунок 3 – Зависимость разрушающего усилия от относительного эксцентриситета

Рисунок 3 – Зависимость разрушающего усилия от относительного эксцентриситета

Анализ проведенных экспериментальных и теоретических исследований показал, что в таких комплексных элементах при действии внешней нагрузки труба играет роль оболочки, благодаря чему в элементе возникает сложное напряженно-деформированное состояние и тем самым создаются условия для повышения несущей способности и жесткости сталежелезобетонных элементов.

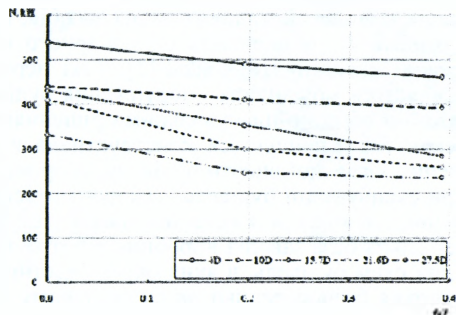


Рисунок 4 – График зависимости разрушающего усилия от длины образца

Исходя из анализа результатов экспериментальных исследований гибких сжатых трубобетонных элементов, выполненных разными авторами, можно заметить, что перед проектировщиком, на сегодня, возникает ряд проблем, связанных с четким, несложным и однозначным учетом гибкости при расчете на несущую способность. Необходимо учитывать все ключевые аспекты, это и разнородность материала - сталь и бетон, влияние их различных марок и классов на гибкость, влияние их совместной работы, объемное напряженное состояние бетонного ядра. Объемное напряженно-деформированное состояние приводит к уменьшению геометрических размеров сечения конструкции, а следовательно основным, для таких конструкций, является решение задачи их устойчивости. Устойчивость сталежелезобетонных конструкций является комплексной сложной задачей, поскольку в состав таких конструкций, кроме бетона, входят и листовая арматура и прокатные профили. Таким образом, задача решения устойчивости сталежелезобетонных конструкций является неоднозначной. В ряде случаев такие конструкции могут терять местную устойчивость, что приводит к потере общей устойчивости.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Грудев, И.Д. Устойчивость стержневых элементов в составе стальных конструкций. – М.: МИК, 2005. – 320 с.
2. Єрмоленко, Д.А. Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: Монографія // Д.А. Єрмоленко. – Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2012. –316 с.
3. Стороженко, Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. –312 с.
4. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції: навчальний посібник / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2005. -181 с.

УДК 624.074.012.4

*Стороженко Л.І., Нижник О.В., Клецов О.В.*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗБІРНОГО СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО БЕЗБАЛКОВОГО ПЕРЕКРИТТЯ**

У статті запропоновано нові типи збірних сталезалізобетонних безбалкових перекриттів, що характеризуються відносною простотою у виготовленні без використання додаткової опалубки. Окремі елементи запропонованого збірного сталезалізобетонного безбалкового перекриття були експериментально досліджені.

**Вступ.** Сучасний розвиток будівельної індустрії та відкриття нових можливостей в проектуванні та розрахунку конструкцій з використанням обчислювальних комплексів та програмних засобів, технологічних прийомів та механізмів призвели до підвищення ролі збірного безбалкового перекриття при спорудженні каркасних будівель [1]. Такі перекриття мають ряд переваг, зокрема, з'являється можливість спорудження будівель будь-якої конфігурації в плані з різними об'ємно-планувальними рішеннями. При застосуванні безбалкових перекриттів, зменшується конструктивна висота перекриття, що веде до зменшення загальної висоти будівель, скорочуються витрати стінових матеріалів, а при експлуатації будівель – скорочуються витрати на енергоносії. Разом з тим зміни, що відбулися останнім часом у будівельній галузі, а також застаріла матеріальна база заводів-виробників потребують використання таких конструктивних схем будівель, в яких окремі частини перекриття виготовляються та збираються безпосередньо на будівельному об'єкті з окремих або суцільних еле-