

Министерство образования и науки Украины

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

На правах рукописи

ИГНАТЕНКО ЕВГЕНИЙ ВИКТОРОВИЧ

УДК 624.016+624.075

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ
СТАТИЧЕСКОМ КРАТКОВРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Специальность 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Чихладзе Элгуджа Давидович

доктор технических наук, профессор

Лобяк Алексей Викторович

кандидат технических наук, доцент

Харьков – 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.1 Анализ прочности и пластичности бетона в условиях сложного напряжённого состояния.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Конструкции с внешним армированием.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Обзор способов расчёта сталебетонных колонн	Error! Bookmark not defined.
1.4 Существующие методы оценки местной устойчивости конструкций	Error! Bookmark not defined.
1.5 Выводы к разделу 1 и задачи исследований	Error! Bookmark not defined.
РАЗДЕЛ 2 НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ И ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОРОТКИХ КОЛОНН	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1 Основные теоретические предпосылки	Error! Bookmark not defined.
2.2 Расчёт сталебетонных элементов по местной устойчивости стенки колонны.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Расчёт сталебетонных элементов по достижению предельных напряжений в бетонном ядре или достижению в металле обоймы напряжений текучести.	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Определение поперечных перемещений в стальной обойме от единичных сил.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Определение поперечных перемещений в бетонном ядре от единичных сил.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Определение поперечных перемещений в металлической обойме от внешних воздействий.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Определение перемещений в бетонном ядре от внешних воздействий	Error! Bookmark not defined.
2.3.5 Определение несущей способности сталебетонного элемента прямоугольного сечения при осевом сжатии	Error! Bookmark not defined.

2.4 Модель сталебетонной колонны для расчёта при помощи программного комплекса «ЛИРА».....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Общие принципы и предпосылки создания модели образцов	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Анализ полученных результатов	Error! Bookmark not defined.
Выводы к разделу 2	Error! Bookmark not defined.
РАЗДЕЛ 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.1. Цели и задачи исследований	Error! Bookmark not defined.
3.2 Описание опытных образцов и характеристик применяемых материалов	Error! Bookmark not defined.
3.3 Испытание сталебетонных колонн на центральное сжатие кратковременным статическим нагружением	Error! Bookmark not defined.
3.4 Анализ полученных результатов.....	Error! Bookmark not defined.
Выводы к разделу 3	Error! Bookmark not defined.
РАЗДЕЛ 4 ВНЕДРЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН.....	
4.1 Техничко-экономическая эффективность сталебетонных конструкций	Error! Bookmark not defined.
4.2 Сравнение сталебетонных и железобетонных колонн	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Расчёт железобетонной колонны.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Расчёт сталебетонной колонны без поперечных гофр	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Расчёт сталебетонной колонны с поперечными гофрами	Error! Bookmark not defined.
Выводы к разделу 4	Error! Bookmark not defined.
4.3. Внедрение квадратных сталебетонных колонн	Error! Bookmark not defined.
ВЫВОДЫ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	9
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ПРИЛОЖЕНИЕ А	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	152

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современные тенденции в сфере строительных конструкций характерны поиском новых видов сочетания стали и бетона, обеспечивающих их рациональную совместную работу, и направлены на обеспечение экономии материалов, энерго- и трудозатрат.

Трудоемкость изготовления, слабое сопротивление механическим повреждениям, дорогая и, как правило, нерационально используемая опалубка, малая трещиностойкость – в железобетонных конструкциях; необходимость большого количества закладных деталей – в сборном железобетоне; плохая работа гибких конструкций на сжатие из-за потери местной или общей устойчивости, низкая огнестойкость, необходимость защиты от различных видов коррозии металлических конструкций – основные причины более масштабного применения сталебетонных конструкций.

Использование сталебетонных элементов прямоугольного сечения в конструкциях с внешним листовым армированием экономически целесообразно. Стальная обойма, заменяя стержневую арматуру, воспринимает усилия во всех направлениях и под любым углом. Бетон в условиях всестороннего обжатия выдерживает напряжения, значительно превышающие его призматическую прочность.

Основным недостатком сталебетонных колонн является возможность потери местной устойчивости стенки колонны до момента достижения в бетонном ядре предельных напряжений и как следствие неполное использование несущей способности конструкции. В связи с этим разработка новых конструктивных решений сталебетонных колонн, позволяющих предотвратить потерю местной устойчивости, сохранив при этом поперечное обжатие бетонного ядра, является актуальной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа выполнена в рамках тематики кафедры

строительной механики и гидравлики Украинской государственной академии железнодорожного транспорта за 2010 – 2013 гг.: «Розробка теорії та методів розрахунку комбінованих конструкцій транспортних споруд» – № ДР 0106U004122; «Розробка теорії та методів оптимізації несучих конструкцій транспортних споруд» – № ДР 0110U002127.

Цель исследования – разработка конструкции сталебетонного элемента, снижающей возможность потери местной устойчивости стенки обоймы и создание методики определения несущей способности данного сталебетонного элемента.

Объект исследования – деформирование и разрушение сталебетонных колонн с гофрированной замкнутой обоймой при статическом кратковременном нагружении.

Предмет исследования – напряжённо-деформированное состояние сталебетонных колонн с поперечными гофрами при статическом кратковременном нагружении.

Задачи исследований:

- выполнить аналитический обзор литературных данных по исследованию работы сталебетонных колонн;
- разработать алгоритм расчета сталебетонных колонн с учетом нелинейности деформирования бетонного ядра;
- выполнить экспериментальные исследования коротких сталебетонных колонн при центральном сжатии;
- изучить влияние поперечных гофр на особенности работы конструкции;
- произвести численный расчет коротких сталебетонных колонн и сравнить полученные данные с экспериментальными результатами;
- обосновать эффективность применения предложенного сталебетонного элемента;
- внедрить результаты исследований в практику строительства и проектирования.

Методы исследования – экспериментальные методы оценки напряженно-деформированного состояния и несущей способности сталебетонных колонн с гофрированной обоймой, методы строительной механики для исследования напряжённо-деформированного и предельного состояния коротких сталебетонных колонн при кратковременном центральном сжатии; метод конечных элементов для численной реализации, сравнение и анализ результатов исследования.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна настоящих исследований определяется:

- конструкциями сталебетонных элементов квадратного сечения;
- предложенной инженерной методикой определения несущей способности сталебетонного элемента при воздействии кратковременного статического нагружения;
- экспериментальными результатами деформирования и разрушения сталебетонных колонн квадратного сечения, обойма которых состоит из металлического профилированного листа.

Практическое значение полученных результатов. Использование в практике строительства сталебетонных колонн позволяет сократить металлоёмкость, получить более высокую несущую способность при равных поперечных сечениях по сравнению с железобетонными конструкциями данного типа. Предложенную сталебетонную конструкцию наиболее целесообразно использовать при высоких уровнях напряженно-деформированного состояния и ограниченных размерах сечения.

На предлагаемую конструкцию сталебетонного элемента получено два патента Украины на полезную модель.

Материалы диссертационной работы были использованы при проектировании и реконструкции объектов метрополитена и других транспортных сооружений в ЧАО «Харьковметропроект», а также результаты исследований нашли практическое внедрение в учебном процессе

и при дипломном проектировании в Украинской государственной академии железнодорожного транспорта.

Достоверность и обоснованность научных положений обеспечивается использованием общепринятых предпосылок современной теории железобетона и строительной механики, а также нормальной сходимостью результатов, полученных по разработанной методике расчёта с данными экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя:

1. На основании литературных источников выполнен анализ конструктивных решений, области применения и методов расчёта коротких сталебетонных колонн при центральном сжатии.

2. Предложена новая конструкция сталебетонного элемента и обоснована рациональность его применения в практике строительства.

3. Разработан математический аппарат, позволяющий оценить напряженно-деформированное состояние и несущую способность сталебетонного элемента при центральном кратковременном нагружении.

4. Разработана конечно-элементная модель в ПК «Ли́ра» (лицензия № 4д/1217), которая учитывает физическую, геометрическую и конструктивную нелинейность.

5. Проведены экспериментальные исследования коротких сталебетонных элементов, отличающихся высотой и наличием поперечных гофр. Исследовано влияние прочностных характеристик материалов на несущую способность сталебетонных элементов.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- Научно-технических конференциях Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (2011 – 2013 г.г.).
- VIII-й международной конференции «Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте» (г. Санкт-Петербург, 22 – 23 июня 2011 г.)

- 27-й международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012» (www.sworld.com.ua, 19 – 30 июня 2012 г.).
- X международной научно-практической конференции «Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения» (г. Ялта, 10 – 14 сентября 2012 г.)
- Международной научно-практической конференции «Сучасні технології і методи розрахунків у будівництві» (г. Луцк, 27 – 29 сентября 2012 г.)
- 29-й международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012» (www.sworld.com.ua, 18 – 27 декабря 2012 г.).
- Всеукраинской Интернет-конференции молодых ученых и студентов «Проблеми сучасного будівництва» (г. Полтава, 21 – 22 ноября 2012 г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 11 научных трудах: 7 статей в изданиях, рекомендованных МОН Украины и 2 тезиса докладов в сборниках материалов конференций, получено 2 патента Украины на полезную модель.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх разделов, общих выводов, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 177 страницах и содержит 129 страниц основного текста, 7 таблиц, 71 рисунок, 157 наименований литературы, 5 приложений на 30 страницах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для строит. спец. Вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов – М.: Высш.шк., 1990. – 400 с.
2. Амелянович К.К. Исследование прочности и деформативности бетона при простом всестороннем сжатии / К.К. Амелянович // Строительные конструкции. – 1968. – Вып. 7. – С.22–31.
3. Амелянович К.К. Экспериментальные исследования прочности и деформирования бетона при одноосном и всестороннем сжатии / К.К. Амелянович // Труды ГИИВТ, ч.1.–1966. – Вып. 69. – С. 25–49.
4. Барбарский В.И. Работа и расчёт изгибаемых предварительно напряженных трубобетонных элементов: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01/ В.И. Барбарский. – Полтава, 1992. – 24 с.
5. Берг О.Я. Исследование прочности и деформаций бетона при двухосном сжатии / О.Я. Берг, Н.В. Смирнов // Исследование прочности и долговечности бетона транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1966. – С. 79–108.
6. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона / О.Я. Берг – М.: Стойиздат, 1962. – 96 с.
7. Берг О.Я. Разрушение контакта между заполнителем и раствором при сжатии бетона / О.Я. Берг, Н.Г. Хубова, Е.Н. Щербаков // Строительство и архитектура. – 1972. – № 8. – С. 13–17.
8. Бетони. Правила контролю міцності: ДСТУ Б В.2.7-224:2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 23 с. – (Національний стандарт України).
9. ДБН В.2.6–98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 73 с.

10. Бамбура А.М. Основні положення національних нормативних документів ДБН В.2.6.-98:2009 та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 (Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування) щодо проектування бетонних та залізобетонних конструкцій / А.М. Бамбура, О.Б. Гурківський, М.С. Безбожна, О.В. Дорогова, І.Р. Сазонова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2011. – Вип. 22. – С. 187 – 195.
11. Биргер И.А. Прочность, устойчивость, колебание / И.А. Биргер, Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – т.3. – 568 с.
12. Бич П.М. Вариант теории прочности бетона / П.М. Бич // Бетон и железобетон. – 1980. – №6. – С. 28–29.
13. Бич П.М. О расчёте трубобетона на прочность/ П.М. Бич // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1981. – №6. – С. 32–35.
14. Бондаренко В.М. К построению общей теории железобетона (специфика, основа, метод) / В.М. Бондаренко // Бетон и железобетон. – 1978. – №9. – С. 20–23.
15. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона / В.М. Бондаренко. – Харьков, 1968. – 324 с.
16. Бондаренко В.М. О методике назначения параметров нелинейности деформирования бетона / В.М. Бондаренко, П.П. Романов, Э.Д. Чихладзе и др. // Прочность и деформативность железобетонных конструкций. – Харьков, 1969. –С.13–32.
17. Бреббия К. Методы граничных элементов: Пер. с англ. / К. Бреббия, Ж. Теплес, Л. Вррубел – М.:Мир, 1987. – 524 с.
18. Броуде Б.М. Устойчивость пластин в элементах стальных конструкций / Б.М. Броуде – М.: Машстройиздат, 1949. – 240 с.
19. Васюта В.Б. Сжатые трубобетонные элементы с различными видами оболочек и ядер:автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук/ В.Б. Васюта. – Полтава, 2002. – 22 с.

20. Воронков Р.В. Водогазонепроницаемые железобетонные конструкции с листовой арматурой / Р.В. Воронков // Бетон и железобетон. – 1970. – №8. – С. 30–32.
21. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовым армированием / Р.В. Воронков. – М. –Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
22. Воскобійник С.П. Напружено-деформований стан вузлів з'єднання трубобетону із залізобетоном при позацентровому стиску та згині:автореф. дисс. на соисканиеуч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / С.П. Воскобійник. – Полтава, 2002. – 22 с.
23. Воронков Р.В. Новые конструктивные решения железобетонных сооружений с листовой арматурой / Р.В. Воронков. – Л.: ЛДНТП, 1985. – 32 с.
24. Гартман Ф. Устойчивость инженерных сооружений / Ф. Гартман. – М. – Л.: Госстройиздат, 1939. – 220 с.
25. Гениев Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона / Г.А.Гениев, В.Н. Кисюк, Г.А. Тюпин. – М.: Госстройиздат, 1958. –С.134–144.
26. Гениев Г.А. К вопросу об условиях прочности бетона / Г.А. Гениев //Исследования по вопросу теории пластичности и прочности строительных материалов. – М.: Госстройиздат, 1958. – С.134–144.
27. Гвоздев А.А. Расчёт несущей способности конструкции по методу предельного равновесия / А.А. Гвоздев. – М.: Стройиздат, 1979. – 280 с.
28. Гвоздев А.А. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / А.А. Гвоздев, А.В. Яшин, К.В. Петрова, И.К. Белобров, Е.А. Гузеев. – М.: Стройиздат, 1978. – 299 с.
29. Глазунов Ю.В. Влияние способа приложения внешней нагрузки на несущей способности сталебетонных коротких колон прямоугольного сечения: дис. ... канд. техн. наук / Ю.В. Глазунов. – Харьков, 1997. – 153 с.

30. Головки Г.В. Напружено-деформований стан центрально стиснутих елементів із сталевих труб квадратного перерізу, заповнених бетоном: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Г.В. Головки. – Полтава, 1996. – 24 с.
31. Голосов В.Н. Расчёт конструкций с внешним армированием при действии поперечных сил / В.Н. Голосов, А.С. Залесов, Г.П. Бирюков // Бетон и железобетон. – 1977. – №6 – С.14–16.
32. Давиденков Н.Н. Хрупкое разрушение при двухмерном сжатии / Н.Н. Давиденков, В.А. Ярков // Журнал технической физики. – 1955. – Т. 25. – Вып.12. – С. 31–34.
33. Долженко А.А. Трубчатая арматура в железобетоне: автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук / А.А. Долженко. – М, 1987. – 24 с.
34. Долженко А.А. Исследования сопротивления трубобетона внецентренному сжатию и поперечному изгибу / А.А. Долженко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1965. – №1 – С. 34–36.
35. Долженко А.А. К теории расчета трубобетона / А.А. Долженко // Теория сооружений и конструкций. – Сб. тр. Воронежского инж.-строит. института, 1964. – С. 23–33.
36. Долженко А.А. Трубобетонные конструкции на строительстве производственного здания / А.А. Долженко // Промышленное строительство. – 1965. – №6. – С. 24–26.
37. Єрмоленко Д.А. Трубобетонні елементи зі стрижневою арматурою / Д.А. Єрмоленко // Зб. наук. ст. «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація». – Вип. 5. – Кривий Ріг: КТУ, 2002. – С. 53 – 56.
38. Єрмоленко Д.А. Трубобетонні конструкції зі стрижневою арматурою: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Д.А. Єрмоленко. – Полтава, 1998. – 20 с.

39. Ефименко В.И. Напряженно-деформированное состояние в упругой стадии работы центрифугированных трубобетонных элементов при осевом сжатии / В.И. Ефименко, А.П. Сухан //36. «Будівельніконструкції». – К.: НДІБК. – Вип. 70. – 2008. – С. 96–102.
40. Ефименко В.И. Центрифугированные трубобетонные конструкции / В.И. Ефименко. – Кривой Рог: КТУ, 2008. – 257 с.
41. Жемочкин Б.Н. Расчёт рам / Б.Н. Жемочкин. – М.: Литература по строительству, 1965. – 406 с.
42. Зайцев Ю.В. Моделирования деформаций и прочности бетона методами механики разрушения / Ю.В. Зайцев – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.
43. Залигер Р.В. Железобетон, его расчёт и проектирование / Р.В. Залигер. – М.: Госстройиздат, 1931. – 671 с.
44. Кальченко А.А. Особенности работы трубобетонных элементов при многоцикловом осевом сжатии: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / А.А. Кальченко. – Полтава, 1994. – 22 с.
45. Канторович Л.В. Приближенные методы высшего анализа / Л.В. Канторович, В.Н. Крылов. – М.: Физматгиз, 1962. – 708 с.
46. Карпенко Н.И. К построению условия прочности бетонов при неоднородных напряжённых состояниях / Н.И. Карпенко //Бетон и железобетон. – 1985. – №10. – С. 35–37.
47. Карпенко Н.И. Об одной характерной функции прочности бетона при трехосном сжатии / Н.И. Карпенко // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1982. – №2. –С. 33–36.
48. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
49. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами / Н.И. Карпенко. – М., 1976. – 78 с.

50. Карпинский В.И. Исследование прочности бетона в предварительно напряжённой спиральной обойме: автореф.дисс. на соискание уч. степени канд.техн. наук, каф. строительных конструкций / В.И. Карпинский. – М, 1961. – 15 с.
51. Квядарас А.Б. Прочность бетона, заключенного в стальную трубу / А.Б. Квядарас// Железобетонные конструкции. – 1984. – №14. – С. 71–82.
52. Келдыш М.В. О методе акад. Галеркина для решения краевых задач / М.В. Келдыш. – Изв. АН СССР, сер. Мат., 1942. – Т.6. – 62 с.
53. Козачевский А.Н. Аппроксимация экспериментальных данных многоосного напряжённо-деформированного состояния дилатационной теории пластичности бетона / А.Н. Козачевский, А.М. Зязин// Соппротивление материалов и теория сооружений. – Киев, 1982. – Вып.41. – С. 30–35.
54. Козачевский А.Н. К расчёту сложных инженерных сооружений на ЕС ЭВМ / А.Н. Козачевский // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1981.– №4. – С. 57–58.
55. Козачевский А.Н. Модификация деформационной теории пластичности бетона и плоское напряженное состояние железобетона с трещинами / А.Н. Козачевский // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1983. – №4. – С. 21–23.
56. Коллатц Л. Численные методы решения дифференциальных уравнений: пер. с нем. / Л. Коллатц. – М.: Иностранная литература, 1953. – 453 с.
57. Кикин А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль. – М.:Стройиздат, 1974. – 144 с.
58. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий / А.Л. Кришан// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – №4. – С. 75–80.

59. Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні. Методи випробування навантаженням: ДСТУ Б В.2.6.-10-96. – [Чинний від 1996-12-18]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 20 с. – (Державний стандарт України).
60. Кортушов П.Г. Узли з'єднання трубобетонних стояків із монолітним залізобетоном:автореф. дисс. на соисканиеуч. степени канд. техн. наук / П.Г. Кортушов. – Полтава, 1999. – 18 с.
61. Кришан А.Л. Определение разрушающей нагрузки сжатых трубобетонных элементов / А.Л. Кришан, А.И. Заикин, М.С. Купфер // Бетон и железобетон. – 2008. – №2. – С. 22–25.
62. Круглов В.М. Нелинейные соотношения и критерий прочности бетона в трёхосном напряжённом состоянии / В.М. Круглов // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1987. – №1. – С. 40–48.
63. Лапенко О.І. Поперечні рами сільськогосподарських виробничих будов із трубобетону:автореф. дисс. на соисканиеуч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / О.І. Лапенко. – Полтава, 1996. – 23 с.
64. Лейтес Е.С. Об условия прочности бетона / Е.С. Лейтес // Межотраслевые вопросы строительства. – М.: Стройиздат, 1971. – С. 32–35.
65. Липатов А.Ф. Исследование прочности трубобетонных элементов мостовых конструкций:автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.Ф. Липатов. – М., 1953.
66. Лукша Л.К. Прочность трубобетона / Л.К. Лукша. – Минск, 1977. – 96 с.
67. Людковский И.Г. Сталобетонные фермы из гнутосварных профилей / И.Г. Людковский, В.М. Фонов, С.М. Кузьменко, С.И. Самарин // Бетон и железобетон. – 1982. – №7 – С.30–31.
68. Малашкин Ю.Н. О прочности бетона при трёхосном сжатии. Свойства бетона, определяющие его трещиностойкость / Ю.Н. Малашкин,

- Б.В. Тибляков // Труды XV координационного совещания по гидротехнике. – Л.: 1976. – Вып. 112. – С.15–17.
69. Маренин В.Ф. Исследование прочности стальных труб, заполненных бетоном, при осевом сжатии: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В.Ф. Маренин. – М., 1959. – 15 с.
70. Маренин В.Ф. Вопросы прочности стальных труб, заполненных бетоном / В.Ф. Маренин, А.Б. Ренский // Материалы по металлическим конструкциям. – Госстройиздат, 1959. – Вып. 4.
71. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214-2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с. – (Національний стандарт України).
72. Металлы. Методы испытаний на растяжение: ГОСТ 1497-84. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – [Действующий от 1986-01-01]. – 37 с.
73. Микула Н.В. Напряженное состояние бетона, заключенного в сплошную стальную обойму: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / Н.В. Микула. – Полтава, 1991. – 24 с.
74. Микула М.В. Міцність та механіка руйнування матеріалів / Н.В. Микула. – Кривий Ріг: Мінерал, 2002. – 150 с.
75. Митрофанов В.П. Пособие по расчёту прочности трубобетонных элементов при осевом сжатии: Монография / В.П. Митрофанов, Али Н. Дергам. – Полтава: ПолтНТУ им. Юрия Кондратюка, 2008. – 91 с.
76. Митрофанов В.П. О критерии предельного состояния по прочности центрально сжатых трубобетонных элементов / В.П. Митрофанов, О.А. Довженко // Сб. Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника, 2005. – Вып. 63. – С. 73–86.
77. Назаров О.В. Напружено-деформований стан трубобетонних елементів при місцевих силових впливах: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / О.В. Назаров. – Полтава, 2004. – 20 с.

78. Несветаев Г.В. Оценка прочности трубобетона / Г.В. Несветаев, И.В. Резван// Фундаментальные исследования. – 2011.– №12 – С. 580–583.
79. Ноткус А.Н. О применении теории малых упругопластичных деформаций и теоретического обоснования условия прочности бетона / А.Н. Ноткус, А.П. Кудзис //Железобетонные конструкции. – Вильнюс, 1977. – №8. – С. 21–30.
80. Пенц В.Ф. Напружено-деформований стан оголовків трубобетонних стояків:автореф. дисс. на соисканиеуч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / В.Ф. Пенц. – Полтава, 1995. – 24 с.
81. Передерий Г.П. Трубчатая арматура / Г.П. Передерий. – Трансжелдориздат, 1954. – 90 с.
82. Плахотный П.И. Напряжённо-деформированное состояние центрально сжатого трубобетонного элемента / П.И. Плахотный, Л.И. Стороженко // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1983. – №2 – С. 33–36.
83. Писаренко Г.С. Деформирование прочности материалов при сложном напряжённом состоянии / Г.С. Писаренко, А.А. Лебедев. – Киев: Наукова думка, 1969. – 211 с.
84. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при неодноосных напряжённых состояниях. – М.: НИИЖБ, 1985. – 72 с.
85. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении / В.А. Росновский. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 109 с.
86. Росновский В.А. Испытания труб, заполненных бетоном / В.А. Росновский, А.Ф. Липатов //Железнодорожное строительство. – 1952.– №11. – С. 13–17.
87. Рудаков В.Н. Новые подходы к оценке несущей способности сжатого трубобетонного элемента / В.Н. Рудаков // Ресурсоекономні матеріали,

- конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С. 183–198.
88. Рябіко Г.Д. Конструктивні рішення швидко споруджуваних сховищ трансформуючих укриттів багатofункціонального сільськогосподарського призначення: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Г.Д. Рябіко. – Полтава, 1994. – 22 с.
89. Санжаровский Р.С. Теория и расчёт прочности у устойчивости элементов конструкции из стальных труб, заполненных бетоном: автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук / Р.С. Санжаровский. – Л.: ЛИСИ, 1977.
90. Семененко Я.П. Определение несущей способности бетонного ядра, заключённого в сплошную стальную обойму / Я.П. Семененко // Бетон и железобетон, 1960. – №3. – С. 125–129.
91. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій / О.В. Семко. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004. – 320 с.
92. Скворцов Н.Ф. Применение сталетрубобетона в мостостроении / Н.Ф. Скворцов. – М.: Автотрансиздат, 1955. – 88 с.
93. Сталезалізобетон // Зб. під ред. Стороженка Л.І. – Полтава: ПНТУ, 2006. – 368 с.
94. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація / Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін, В.І. Єфіменко, В.І. Вербицкий. – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 448 с.
95. Стороженко Л.І. Сцепление бетонного сердечника с трубой в трубобетонном элементе / Л.І. Стороженко, А.Ф. Ковалёв // В сб. «Трубобетонные конструкции с использованием отходов горнорудной и металлургической промышленности». Тезисы докладов научно-технической конференции строителей Кривбаса. – Кривой Рог, 1976. – С. 66–69.

96. Стороженко Л.І. Розрахунок трубобетонних конструкцій при короткочасній і довготривалій дії навантаження / Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін. – Київ: Будівельник, 1972. – 132 с.
97. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции / Л.И. Стороженко. – К.: Будівельник, 1978. – 80 с.
98. Стороженко Л.И. Эффективность сжатых элементов с различными способами армирования / Л.И. Стороженко // Изв. Вузов «Строительство и архитектура». – 1981. – №6. – С. 26–29.
99. Стороженко Л.И. Объёмное напряжённо-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием: автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук / Л.И. Стороженко. – М., 1985. – 46 с.
100. Стороженко Л.И. Железобетонные конструкции с внешним армированием / Л.И. Стороженко. – К.: УМК ВО, 1989. – 98 с.
101. Стороженко Л.И. Расчёт трубобетонных конструкций / Л.И. Стороженко, П.И. Пахотный, А.Я. Чёрный. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.
102. Стороженко Л.И. Стыки трубобетонных элементов / Л.И. Стороженко, В.М. Тимошенко // Проблемы теории і практики залізобетону: Зб. наук. пр. Полт. держ. техн. ун-ту ім. Юрія Кондратюка. – Полтава, 1997. – С. 440–442.
103. Стороженко Л.И. Строительные конструкции из стальных труб, заполненных центрифугированным бетоном / Л.И. Стороженко, В.И. Ефименко, В.Ф. Пенц. – К.: «Четверта хвиля», 2001. – 158 с.
104. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 182 с.
105. 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.

106. Стороженко Л.І. Труبوبетонні конструкції промислових будівель / Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, С.Г. Коршун. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 202 с.
107. Стороженко Л.І. Дослідження і проектування сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
108. Стороженко Л.І. Проблеми проектування і будівництва сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // Зб. «Будівельні конструкції». – К.: НДІБК. – Вип. 700. – 2008. – С. 21–28.
109. Тимошенко В.М. Несуча здатність та деформативність стиснених труبوبетонних елементів зі стилями: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / В.М. Тимошенко. – Полтава, 2000. – 20 с.
110. Тимошенко С.П. Об устойчивости пластин / С.П. Тимошенко. – К: Изв. КПП, 1907. – 135 с.
111. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем / С.П. Тимошенко. – М.: Гостехиздат, 1955. – 586 с.
112. Тимошенко С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко. – М. – Л.: ОГИЗ, 1948. – 460 с.
113. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / С.П. Тимошенко. – М.: Наука, 1971. – 808 с.
114. Тимошенко С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 625 с.
115. Филоненко-Бородич М.М. Теория упругости / М.М. Филоненко-Бородич. – М.: Физматгиз, 1959. – 364 с.
116. Фонов В.М. Прочность и деформативность труبوبетонных элементов при осевом сжатии / В.М. Фонов, И.Г. Людковский, А.П. Нестерович // Бетон и железобетон. – 1989. – №1. – С. 4–6.
117. Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия (Форми для виготовлення контрольних зразків

- бетону.Технічні умови): ГОСТ 22685-89. – М.: Стандартиформ, 2006. – [Действующий от1990-01-01]. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).
118. Цай Шаухуай. Новейший опыт применения трубобетона в КНР / Цай Шаухуай // Бетон и железобетон. – 2001. – №3. – С. 20–24.
 119. Чихладзе Э.Д. Основные направления экономии и рационального использования металла в автотракторостроении/ Э.Д. Чихладзе, АбдалаСамирСалех и др. // Тез.докл. всесоюзн. научно-техн. конференции – Челябинск, 1984. – 118 с.
 120. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных плит / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1989. – №4. – С. 5–8.
 121. Чихладзе Э.Д. Приближённая теория изгиба бетонных плит, усиленных стальным листом / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1990.– №4. – С. 10–12.
 122. Чихладзе Э.Д. Вынужденные колебания неразрезных балок / Э.Д. Чихладзе // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1980. – №8. – С. 48–50.
 123. Чихладзе Э.Д. Исследование несущей способности толкающих брусьев бульдозера / Э.Д. Чихладзе, И.Е. Закуренко. – Тр. ВНИИСтройдормаша, 1975. – Вып. 68. – С. 101–106.
 124. Чихладзе Э.Д. Динамические нагрузки толкающих брусьев бульдозера с заполнителями / Э.Д. Чихладзе, И.Е. Закуренко // Строительные и дорожные машины. – 1979. – №10. – С. 24–25.
 125. Чихладзе Э.Д. Опыт применения заполнителей с целью экономии металлопроката / Э.Д. Чихладзе, И.Е. Закуренко //Информ. листок. Харьковский Центр научно-технической информации. – 1979. – 4 с.

126. Чихладзе Э.Д. Толкающие брусья бульдозера с заполнителями / Э.Д. Чихладзе, И.Е. Закуренко // Строительные и дорожные машины. – 1975. – №8. – С. 28–29.
127. Чихладзе Э.Д. Экспериментальные исследования бульдозеров с пустотелыми и заполненными бетоном толкающими брусьями / Э.Д. Чихладзе, И.Е. Закуренко // Строительные и дорожные машины. – 1977. – №4. – С. 19–20.
128. Чихладзе Э.Д. Изгиб и колебания пластин, опёртых по контуру и на точечные опоры в пределах поверхности / Э.Д. Чихладзе, А.Г. Кислов // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – 1979. – №3. – С. 38–42.
129. Чихладзе Э.Д. Колебания неразрезных балок и пластин, опёртых по контуру и на точечные опоры / Э.Д. Чихладзе, А.Г. Кислов // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1980. – №6. – С. 76–78.
130. Чихладзе Э.Д. Колебания прямоугольной пластины, опёртой по контуру и на точечные опоры / Э.Д. Чихладзе, А.Г. Кислов // В кн.: Совершенствование эксплуатации и ремонта корпусов судов. – Калининград, 1984. – С. 155–157.
131. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук / Э.Д. Чихладзе. – Харьков, 1985. – 481 с.
132. Чихладзе Э.Д. Оптимальное проектирование платформ с трёхсторонней разгрузкой / Э.Д. Чихладзе, В.В. Пинчук // В кн.: Проблемы оптимизации в машиностроении. – Харьков, 1982. – С. 317.
133. Чихладзе Э.Д. Расчёт толкающих брусьев бульдозера, заполненных бетоном / Э.Д. Чихладзе. – Тр. ВНИИСтройдормаша, 1981. – Вып. 91. – С. 76–79.

134. Чихладзе Э.Д. Удар упругого стержня с прикрепленной жёсткой массой о жёсткую преграду / Э.Д. Чихладзе, О.П. Мчедлов-Петросян // Прикладная механика. – 1976. – Т. 12. – Вып. 11. – С. 91–94.
135. Чихладзе Э.Д. Усталостная прочность колонн, заполненных бетоном при знакопостоянном несимметричном цикле продольной нагрузки / Э.Д. Чихладзе // В кн.: Строительство и архитектура. Библиогр. указатель деонированных рукописей. – М., 1981. – Вып. 3. – С. 14–15.
136. Чихладзе Э.Д. Устойчивость гибких стержней из нелинейно-деформируемых материалов / Э.Д. Чихладзе // Прикладная механика. – 1975. – Т. 11. – Вып. 11. – С. 128–131.
137. Чихладзе Э.Д. Экспериментальные исследования устойчивости гибких железобетонных стоек / Э.Д. Чихладзе // В кн.: Прогрессивные конструктивные решения в промышленном и гражданском строительстве Харьковской области. – Харьков, 1970. – С. 15–16.
138. Чихладзе Э.Д. Расчёт сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Бетон и железобетон. – 1993. – №1. – С. 13–15.
139. Чихладзе Э.Д. О возможности сведения трёхмерной задачи к двумерной при оценке несущей способности трубы, заполненной бетоном / Э.Д. Чихладзе, М.А. Веревичева // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – №71 (94). – С. 122–129.
140. Чихладзе Э.Д. Напряжённо-деформированное состояние цилиндрической сталебетонной колонны при осевом сжатии / Э.Д. Чихладзе, М.А. Веревичева // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Вип. 67. – Київ: НДІБК, 2007. – С. 389–399.

141. Шагин А.Л. Расчёт эффективных многокомпонентных конструкций / А.Л. Шагин, В.М. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 1987. – 175 с.
142. Шагин А.Л. Локальное обжатие элементов при реконструкции зданий / А.Л. Шагин, О.М. Донченко // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – 1996. – №1. – С. 3–7.
143. Шагин А.Л. Железобетонные конструкции сниженной металлоемкости / А.Л. Шагин // Сб. фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении. – Белгород, 1989. – С. 50–51.
144. Шагин А.Л. Большепролётные железобетонные перекрытия со смешанным армированием / А.Л. Шагин, Х. Лаххам // Бюллетень техн. информации. – Харьков: ХП(НИ)И, 1994. – №2. – С. 28–29.
145. Шагин А.Л. Эффективные методы армирования конструкций / А.Л. Шагин // Сб. инженерной академии РФ. – М., 1993. – С. 78–81.
146. Яшин А.В. Прочность и деформации бетона при различных скоростях нагружения / А.В. Яшин. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 23–39.
147. Яшин А.В. Влияние неодноосных(сложных) напряжённых состояний на прочность и деформации бетона, включая область, близкую к разрушению / А.В. Яшин // Прочность, жёсткость и трещиностойкость железобетонных конструкций: Сб. науч. тр. НИИЖБ, под ред. А.А. Гвоздева. – 1979. – С. 187–202.
148. Яшин А.В. Воздействие статических, динамических, многократно повторяющихся нагрузок на бетон и элементы железобетонных конструкций / А.В. Яшин / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 45–49.
149. Яшин А.В. Критерии прочности и деформирования бетона при простом нагружении для различных видов напряжённого состояния / А.В. Яшин // Труды ин-та НИИЖБ. Расчёт и конструирование железобетонных конструкций. – 1977. – Вып. 39. – С. 48–57.

150. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружениях / А.В. Яшин // Бетон и железобетон. – 1986. – №8. – С. 39–42.
151. Яшин А.В. Теория прочности и деформаций бетона с учётом структурных изменений и длительности нагружения / А.В. Яшин // Труды ин-та НИИЖБ. Новые исследования элементов конструкции при различных предельных состояниях. – 1982.–С. 3–24.
152. Bode H. Colomnesconstituc'es de tubes en acievremptis de beton: dimensionnementetutitisation. Aciev-Stahl-Steel / H. Bode. –V. 11-12 / 1976. –P. 388
153. Furlang R.W. Strength of steel-Encased concrete Beam-Columns / R.W. Furlang // Proc. Amer. Soc. Civil. Eng., 1986. –Vol. 95. – N st. 1. – P.P. 99–101.
154. Sen H.K. Trialial stresses in short Circular Concrete tilled tubular steel columns. RILEV / H.K. Sen. – Conterence, 1972. –P. 89.
155. Eurocod 2:Design of concrete structures.–Hat 1-1: General rules and rules for buildings:EN 1992-1-1: 2004, CEN, 2004. -225 p.
156. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures:EN 1994-1-1:2004 published 2005 (EC4), Ref. 1.
157. <http://www.tsniis.com/ivanov/>