

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Галагурия Евгений Иванович

УДК 624.072.31:075.23

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ
НАГРУЖЕНИЯ**

05.23.01 – строительные конструкции,
здания и сооружения

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
Чихладзе Элгуджа Давидович
доктор техн. наук, профессор

Харьков – 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН	9
1.1 Обзор существующих способов расчета железобетонных и сталебетонных колонн	9
1.1.1 Прочность коротких колонн при центральном сжатии	10
1.1.2 Устойчивость сталебетонных колонн при центральном сжатии	15
1.1.3 Напряженно-деформированное состояние гибких колонн при внецентренном сжатии	19
1.2 Краткие выводы и задачи настоящих исследований	22
2. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН	25
2.1 Основные теоретические предпосылки	25
2.2 Напряженно-деформированное состояние колонны, нагруженной по торцам продольными силами с равными, и в одну сторону направленными, эксцентриситетами	32
2.3 Напряженно-деформированное состояние колонны, нагруженной на одном торце эксцентрично приложенной силой	34
2.4 Напряженно-деформированное состояние колонны, жестко защемленной внизу и шарнирно закрепленной вверху, нагруженной на верхнем торце эксцентрично приложенной силой	36
2.5 Напряженно-деформированное состояние колонны, жестко защемленной внизу и нагруженной на свободном конце эксцентрично приложенной силой	40
2.6 Напряженно-деформированное состояние колонны, нагруженной сосредоточенной эксцентрично приложенной силой в пролете	42
2.7 Краткие выводы по главе	47

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕ-	
БЕТОННЫХ КОЛОНН	48
3.1 Описание опытных образцов	48
3.2 Характеристика материалов	50
3.3 Методика испытаний	51
3.4 Результаты испытаний	53
3.5 Анализ экспериментальных исследований	59
3.6 Краткие выводы по главе	71
4. ВНЕДРЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ	
КОЛОНН	73
4.1 Сталебетонные и железобетонные колонны	73
4.2 Рекомендации по изготовлению сталебетонных конструкций	74
4.3 Расчет железобетонной колонны	87
4.4 Расчет сталебетонной колонны. Оценка экономичности	92
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	97
ПРИЛОЖЕНИЯ	111

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Развитие строительных конструкций характерно поиском новых видов сочетаний стали и бетона для их рациональной совместной работы и направлено на обеспечение экономии материалов, энерго- и трудозатрат. Традиционные железобетонные конструкции имеют существенные недостатки. Основные из них – трудоемкость изготовления, слабое сопротивление механическим повреждениям. Дорогостоящей и, как правило, нерационально используемой является опалубка. Недостатком железобетона является также необходимость решения проблемы трещиностойкости. В сборных железобетонных конструкциях достаточно остро стоит проблема стыков, требующих большого количества закладных деталей. Недостаток стальных конструкций – возможность потери общей или местной устойчивости, крайне низкая огнестойкость, необходимость защиты от коррозии. В сталебетонных конструкциях можно в значительной степени устранить эти недостатки, а в некоторых случаях и вовсе их избежать, увеличить прочность бетона за счет бокового обжатия, создаваемого обоймой, в значительной степени повысить устойчивость последней и несущую способность всей конструкции в целом.

Принимая во внимание достоинства конструкций с внешним армированием, и недостаточный уровень развития методов их расчета и проектирования, особенно стержневых элементов прямоугольного сечения, актуальность исследований по сформулированной в названии диссертации теме, представляется вполне обоснованной.

Связь с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в рамках научной темы «Розробка способів підсилення аварійних та передаварійних споруд та методів оцінки їх несучої здатності після посилення з урахуванням реальних властивостей матеріалів», регистрационный номер 0102U002542, та «Розробка теорії та методів розрахунку комбінованих конструкцій транспортних споруд»,

регистрационный номер 0106U004122. Личный вклад – разработка алгоритма расчета сталебетонных колонн на внецентренное сжатие.

Цель диссертационной работы состоит в разработке методики расчета сталебетонных, различным образом нагруженных, колонн прямоугольного сечения с учетом особенностей деформирования бетона и облоймы.

Задачи исследований:

- изучить работу пустотелых и заполненных бетоном колонн прямоугольного сечения при осевом и внецентренном сжатии;
- разработать методику учета работы бетона при трехосном напряженном состоянии;
- на основании экспериментальных данных построить зависимость жесткости сталебетонных гибких стержней от кривизны;
- получить функцию, связывающую нагрузки и прогибы сталебетонных внецентренно сжатых колонн;
- разработать алгоритм расчета колонн с учетом отмеченных особенностей работы бетона и контактного взаимодействия между элементами конструкции: ядром и облоймой;
- выполнить экспериментальные исследования пустотелых и заполненных бетоном колонн при осевом и внецентренном сжатии;
- произвести численные расчеты и сравнить экспериментальные данные с теоретическими результатами;
- внедрить результаты исследований в практику проектирования и строительства, а также в учебный процесс.

Объект исследований.

Сталебетонные и стальные колонны прямоугольного сечения.

Предмет исследований.

Напряженно-деформированное состояние сталебетонных колонн прямоугольного сечения при осевом и внецентренном нагружении.

Методы исследований.

Аналитическими методами получены уравнения, описывающие

напряженно-деформированное состояние сталебетонных внецентренно сжатых колонн при различных схемах нагружения. Экспериментальными методами найдены нагрузки и перемещения колонн на всем диапазоне нагружения. Шагово-итерационным методом осуществлено решение уравнений состояния стержней.

Научная новизна:

1. Разработана методика расчета различным образом нагруженных (на одном торце, в пределах длины и др.) сталебетонных колонн прямоугольного сечения на внецентренное сжатие, учитывающая: работу бетона в условиях трехосного напряженного состояния; переменность жесткости сталебетонного стержня и его кривизны до величин характеризующих предельное состояние; функцию, связывающую продольные нагрузки и прогибы; нелинейность деформирования бетона; контактное взаимодействие между бетонным ядром и стальной обоймой.

2. Проведены экспериментальные исследования и получены данные: о работе пустотелых и заполненных бетоном колонн при осевом и внецентренном сжатии: показано взаимное влияние обоймы и ядра на напряженно-деформированное состояние сталебетонных колонн.

3. Разработаны алгоритм и программа расчета сталебетонных колонн на ЭВМ.

Практическая ценность. Разработанная методика расчета позволяет достоверно оценить напряженно-деформированное состояние сталебетонных колонн, что особенно важно при проектировании конструкций в тяжелых условиях строительства, характеризующихся большими нагрузками и ограниченными размерами сечений.

Внедрение. Методика расчета сталебетонных колонн внедрена в практику проектирования ОАО «Харьковметропроект» (г. Харьков), и в учебный процесс УкрГАЖТа.

Личный вклад: приведен обзор литературных источников; усовершенствована методика учета работы бетона при трехосном

напряженном состоянии; на основании своих экспериментальных данных и данных других исследователей построена зависимость, связывающая жесткость сталебетонного гибкого стержня с кривизной; усовершенствована методика определения, в том числе и предельных характеристик жесткости и момента воспринимаемого сечением, получены функции, связывающие нагрузки и прогибы сталебетонных, различным образом нагруженных, внецентренно сжатых колонн, разработан алгоритм расчета колонн; осуществлено внедрение.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обговаривались на:

1. Міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії і фахівців залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 2004р., 2005р., 2006р., 2007р.).

2. LXVI Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпропетровськ, 2006г.).

3. П'ятій науково-технічній конференції «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди» (м. Рівне, 2006р.).

4. Другій міжнародній науково-технічній конференції «Математичні моделі процесів у будівництві» (м. Луганськ, 2007г.).

5. Международной научно-практической конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии» (г. Белгород, Россия, 2007г.).

6. П'ятій всеукраїнській науково - технічній конференції «Науково - технічні проблеми сучасного залізобетону» (м. Полтава, 2007р.).

Публикации:

Основные результаты диссертации были опубликованы в 6 статьях, размещенных в сборниках научных трудов. Из них 5 – в изданиях рекомендованных ВАК Украины для публикации результатов диссертационных работ, 1 статья – в России, 1 статья в виде тезисов доклада.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, общих выводов, списка литературы из 135 наименований. Общий объем работы – 120 страниц, в том числе: 44 рисунков, 5 таблиц, 3 приложения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для строит. спец. вузов. – М.: Высш.шк., 1990. – 400 с.
2. Альперина О.Н. Исследование сжатых железобетонных элементов с поперечным армированием: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1960. – 15 с.
3. Амелянович К.К. Экспериментальное исследование прочности и деформирования бетона при одноосном и всестороннем сжатии // Труды ГИИВТ, ч.1. – 1966. – Вып.69. – С.25-49.
4. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. – М.: Гостехиздат, 1952. – 324 с.
5. Бабич Є.М., Гірський О.В., Сергієнко В.М. Механічні характеристики бетону залізобетонних кріплень земляних укосів гідротехнічних споруд, що експлуатуються тривалий час. // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць. Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Київ: Видавництво НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 448 – 456.
6. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1985. – 728 с.
7. Бамбура А.Н., Сазонова И.Р. Особенности расчета колонн высотного здания, усиленных при реконструкции железобетонными обоймами // Бетон и железобетон – пути развития, том 2, М: 2005, с 328 – 334.
8. Безгодов Н.М. Критерии длительной прочности и физически нелинейные уравнения деформирования бетона при сложных напряженных состояниях // Бетон и железобетон – пути развития, том 2, М: 2005, с 334 – 342.
9. Берг О.Я., Смирнов Н.В. Исследование прочности и деформаций бетона при двухосном сжатии // Исследование прочности и долговечности бетона транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1966. – С.79-108.

10. Берг О.Я., Хубова Н.Г., Щербакова Е.Н. Разрушение контакта между заполнителем и раствором при сжатии бетона // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1972. – №8. – С.13-17.

11. Бич П.М. О расчёте трубобетона на прочность // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1981. – №6. – С.32-35.

12. Бич. П.М. Вариант теории прочности бетона // Бетон и железобетон. – 1980. – №6. – С.28-29.

13. Блейх-Фридрих. Устойчивость металлических конструкций. – М.: Физматгиз, 1959. – 554 с.

14. Бондаренко В.М. К построению общей теории железобетона. – Бетон и железобетон, 1978,9, с. 20-22.

15. Бондаренко Ю.В. О возможности использования керамзитобетонных блоков в наружных стенах кирпичных зданий. Науковий вісник будівництва. – Вип. 15. – Харків: ХТУБА ХОТВ – АБУ, 2001. – с. 82 – 86.

16. Бондаренко Ю.В. Переустройство жилого здания в городе Харькове. Науковий вісник будівництва. – Вип. 19. – Харків: ХТУБА ХОТВ – АБУ, 2002. – с. 53 – 59.

17. Бондаренко Ю.В. Опыт использования стеклопластика для восстановления каменных конструкций. Науковий вісник будівництва. – Вип. 23. – Харків: ХТУБА ХОТВ – АБУ, 2003. – с. 161 – 165.

18. Броуде Б.М. Об устойчивости труб круглого сечения при центральном сжатии. – Сб. статей по металлическим конструкциям ВИА и ГИНСТАЛЬМОСТА. МИ., 1934, 14, с. 141-152.

19. Ватуля Г.Л. Несущая способность сталебетонных балок прямоугольного перереза, укрепленных стальным шпренгелем: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Харк. держ. акад. залізн. трансп. - Х., 1999. – 17 с. - укр.

20. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовым армированием. – Л.: Стройиздат, 1975. –145 с.

21. Гвоздев А.А. Определение величины разрушающей нагрузки для статически неопределимых систем. – Проект и стандарт, 1934, 8, с. 10-16.
22. Гвоздев А.А., Яшин А.В., Петрова К.В., Белобров И.К., Гузеев Е.А. Прочность, структурные изменения и деформации бетона. – М.: Стройиздат, 1978. – 299 с.
23. Геммерлинг А.В. Вопросы прочности и устойчивости строительных конструкций. – В кн.: Расчет конструкций, работающих в упруго-пластической стадии. М., 1961, с. 3-32.
24. Геммерлинг А.В. Расчет стержневых систем. – М.: Стройиздат, 1974. – 207 с.
25. Геммерлинг А.В. Устойчивость внецентренно сжатых стержней в упругопластической стадии, - Строительная механика и расчет сооружений, 1959, 2, с.1-8.
26. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
27. Глазунов Ю.В. Влияние способа приложения внешней продольной нагрузки на несущую способность сталебетонных коротких колонн прямоугольного сечения. – Автореферат дисс. соис. канд. техн. наук, сп.-ть 05.23.01. – Харьков. – 1997. – 22 с.
28. Глазунов Ю.В. Исследование экономической эффективности применения сталебетонных колонн прямоугольного сечения в строительстве // Межвузовский сб. науч. трудов. – 1996. – вып. 27. – С.142-145.
29. Голобородько Б.И. Напряженное состояние внецентренно сжатых трубобетонных элементов в области упругих деформаций. В кн.: Трубобетонные и железобетонные конструкции. Киев, 1972, с. 5-10.
30. Голосов В.Н., Залесов А.С., Бирюков Г.П. Расчет конструкций с внешним армированием при действии поперечных сил // Бетон и железобетон. – 1977. – №6. – с. 14-16.

31. Горнов В.Н. Прочность и жесткость гибких бетонных и железобетонных элементов при кратковременном нагружении. – Бетон и железобетон, 1963, 6, с.252-257.

32. Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.

33. Долженко А.А. Трубчатая арматура в железобетоне: Автореф. дисс... д-ра техн. наук. – М., 1967, - 24 с.

34. Жакин И.А., Кравцов Л.Б. Математическое моделирование процессов деформирования и разрушения бетонных и сталебетонных цилиндрических колонн при пожаре // Зб. наук. праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні Науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2004. - № 40 (52). – С. 97- 105.

35. Казачек В.Г., Чистяков Е.А., Пецольд Т.М., Экспериментальные исследования гибких сжатоизогнутых железобетонных элементов с преднапряженной арматурой. – В кн.: Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций. М., 1979, с. 89-93.

36. Карпенко Н.И. К построению условия прочности бетонов при неодносных напряжённых состояниях // Бетон и железобетон. – 1985. – №10. – С.35-37.

37. Карпенко Н.И. Об одной характерной функции прочности бетона при трёхосном сжатии // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1982. – №2. – С.33-36.

38. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.

39. Карпенко Н.И., Круглов В.М. Современное состояние исследований по критериям прочности и связям между напряжениями и деформациями бетонных элементов при объемном напряженном состоянии // Матер.конф. и совещ. по гидротехнике. Предельные состояния бетонных и железобетонных

конструкций энергетических сооружений / ВНИИГ, 1994. – Л.: Энергоатомиздат. – С.170-185.

40. Карпинский В.И. Исследование прочности бетона в предварительно напряжённой спиральной обойме. – Автореферат дисс. соиск. канд. техн. наук, сп.-ть 05.23.01. – Москва. – 1961. – 15 с.

41. Квядарас А.Б. Прочность бетона, заключенного в стальную трубу // Железобетонные конструкции. – 1984. – №14. – С.71-82.

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

43. Кикин А.И., Трулль В.А., Санжаровский Р.С. Современное состояние проблемы расчета трубобетонных конструкций. – В кн.: Металлические конструкции и испытание сооружений. Межвузовский тематический сборник №1. –Л., ЛИСИ, 1977. – С.32-38.

44. Климов Ю.А., Палладий В.В., Голубничий Г.А. Опыт применения высокопрочного бетона в зарубежном строительстве // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. Праць (будівництво) / Державний науково-дослідного інституту будівельних конструкцій Держбуду України. – Київ: Видавництво НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 183 – 194.

45. Клованич С.Ф., Безушко Д.І. Нелинейный расчет железобетонных плит методом конечных элементов // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць. Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Київ: Видавництво НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 183 – 194.

46. Кобзева Е.Н., Петров А.Н. Модель и методика исследования нелинейного деформирования брусовых конструкций // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2004 - № 49 (52) – С. 15 – 21.

47. Кожушко В.П. Коровниченко В.Д. Расчет жестких ограждений на мостах // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. – 1984. - № 8. – С. 121-124.

48. Кожушко В.П. О расчете рамных мостов на временную нагрузку // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. – 1987. - № 4. – С. 108-112.
49. Кожушко В.П. Пешеходные тоннели под железными и автомобильными дорогами // Транспортное стр-во. – 1969. - №5. – С.58-59.
50. Кожушко В.П. Розрахунок огорожі на автомобільних дорогах // Автом. дороги і дор. буд-во. –К.: Будівельник, 1990.- Вип.. 46. – С. 83-88.
51. Козачевский А.И. Модификация деформационной теории пластичности бетона и плоское напряженно-деформированное состояние железобетона с трещинами. – Строительная механика и расчет сооружений. 1983, 4, с.12-16.
52. Круглов В.М. Нелинейные соотношения и критерий прочности бетона в трехосном напряженном состоянии // Строительная механика и расчет сооружений. – 1987. – №1. – С.40-48.
53. Лейтес Е.С. Об условии прочности бетона // Межотраслевые вопросы строительства. – М.: Стройиздат, 1971. – С. 32-35.
54. Лопатто А.Э. О свойствах бетона, твердеющего в замкнутой обойме // Строит. материалы и конструкции. –1964. – №4. – С.22-24.
55. Лукша Л.К. К расчету прочности бетона в обойме // Бетон и железобетон. – 1973. – №1. – С.23-25.
56. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. – Минск. – 1977. – 96 с.
57. Лукша Л.К. Прочность центрально сжатых элементов сталебетонных конструкций. //Зб. наук. статей. Вип. 6. – Кривий Ріг: КТУ, 2004. – 350 с.
58. Людковский И.Г., Фонов В.М., Кузьменко С.М., Самарин С.И. Сталебетонные фермы из гнутосварных профилей // Бетон и железобетон. – 1982. – №7. – С.30-31.
59. Малашкин Ю.Н., Тябликов Б.В. О прочности бетона при трёхосном сжатии // Свойства бетона, определяющие его трещиностойкость // Труды ХУ координационного совещания по гидротехнике. – Л.: 1976, вып.112. –С.15-17.

60. Маракуца В.И. Прочность и устойчивость трубобетонных элементов при кратковременном действии нагрузки. – В кн.: Трубобетонные и железобетонные конструкции. Киев, 1972. с. 17-27.

61. Маракуца В.Т. Исследование прочности и устойчивости трубобетонных элементов при кратковременном действии нагрузки // Трубобетонные и железобетонные конструкции. – Киев: Будівельник, 1972. – С.17-27.

62. Маренин В.Ф. Исследование прочности стальных труб, заполненных бетоном, при осевом сжатии. – Автореферат дисс. соиск. канд. техн. наук., сп.-ть 05.23.01. – Москва. – 1959. – 15 с.

63. Молодченко Г.А. Железобетонные силосы с рациональным формированием технологических влияний: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.23.01 // Харк. держ. акад. залізн. трансп. - Х., 2000. - 33 с. - укр.

64. Ноткус А.И., Кудзис А.П. О применении теории малых упруго-пластических деформаций и теоретическом обосновании условия прочности бетона. – В кн.: Железобетонные конструкции. Вильнюс, 1977, с. 21-30 /Труды/ Вильнюс, инж. Стр. ин-т, № 8/.

65. Опанасенко О.В. Напружено-деформований стан сталобетонних рам каркасів промислових будівель: Автореф. дис...к-та техн. наук: 05.23.01/ Українська державна академія залізничного транспорту. – Х., 2006. – 26.

66. Передерий Г.П. Трубчатая арматура. – М.: Трансжелдириздат, 1964. – 90с.

67. Пецольд Т.М. Исследование несущей способности гибких предварительно напряженных стоек прямоугольного сечения при центральном сжатии: Автореф. дис...канд. техн. наук. – М., 1966. – 17 с.

68. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. – Киев: Наукова думка, 1969, 212 с.

69. Работнов Ю.Н., Шестериков С.А., Устойчивость стержней и пластинок в условиях ползучести. – Прикладная механика и математика, 1957, т. 21, вып. 3.

70. Ржаницин А.Р. Строительная механика.– М.: Высшая школа,1982. – 400с.

71. Романов П.П. Устойчивость внецентренно сжатых железобетонных стержней при кратковременном и длительном действии нагрузки. – Дис... канд. техн. наук. – Харьков, 1968, 261 л.

72. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. – М.: Транжелдориздат. – 1963. – 109 с.

73. Росновский В.А., Липатов А.Ф. Испытание труб, заполненных бетоном // Железнодорожное строительство. – 1952. – №11. – С.13-17.

74. Санжаровский Р.С. Некоторые вопросы устойчивости трубобетонных стержней в упруго-пластической стадии. – Труды/ Ленингр. инж. стр. ин-т, 1969, № 60. Механика стержневых систем и сплошных сред, с. 164-171.

75. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых железобетонных стержней. – Бетон и железобетон, 1971, 11. с. 27-28.

76. Санжаровский Р.С. О критериях прочности и устойчивости трубобетонных стержней в упруго-пластической стадии. – Труды/ Ленингр. инж. стр. ин-т, 1971, № 68. Механика стержневых систем и сплошных сред, с. 169-175.

77. Санжаровский Р.С. Трубобетонные конструкции в строительстве // Промышленное строительство. – 1979. – №5. – С.22-23.

78. Светов А.А. Исследование прочности, трещиностойкости и жесткости гибких преднапряженных внецентренно сжатых колонн при кратковременном нагружении. – В кн.: Исследование предварительно-напряженных колонн при кратковременном и длительном нагружении. М., 1974, с. 3-48.

79. Ситников Ю.В. Исследование железобетонных элементов со стальной оболочкой для несущих конструкций промышленных зданий: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Воронеж, 1970. – 15 с.
80. Скворцов Н.Ф. Применение сталетрубобетона в мостостроении. – М.: Автотрансиздат, 1955. – 88 с.
81. СНиП 2.03.01-84 Бетонные и железобетонные конструкции, 1985. – 79с.
82. Способ изготовления конструкций из металла и железобетона, Мари Р.А. Пат. Франции кл. E04в, № 1593550. Заявл. 7.06.68, №22301; опубл. 10.7.70. Официальный бюлл. патентного ведомства Франции, № 28.
83. Сталезалізобетон: Збірник наукових праць. За редакцією д.т.н., проф. Стороженко Л.І. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 386 с.
84. Стороженко Л.И. Прочность и деформативность трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. – 1980. – №12. – С.8-9.
85. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – Киев.: Будівельник, 1978. – 80 с.
86. Стороженко Л.И., Голобородько Б.И., Яровой И.С. Исследование внецентренно-сжатых трубобетонных элементов. – В кн.: Строительные конструкции. Киев, 1970.
87. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Дядюра В.В. Центральное сжатие трубобетонного элемента прямоугольного поперечного сечения // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №9. – С.5-9.
88. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Чёрный А.Я. Расчёт трубобетонных конструкций. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.
89. Стороженко Л.И., Семко О.В., Ефименко В.И. Сталезалізобетонные конструкции. – К.: Четвёрта хвиля, 1997. – 160 с.
90. Стороженко Л.И., Сурдин В.М. Напряженно-деформированное состояние центрально-сжатых трубобетонных элементов под действием эксплуатационной нагрузки // Строительные конструкции. – Вып.18, Киев: 1971. – С. 64-71.

91. Стороженко Л.И., Сурдин В.М. Расчет трубобетонных конструкций при кратковременном и длительном действии нагрузки. – Киев.: Будівельник, 1972. – 75с.
92. Стрелецкий Н.Н. Основные направления развития сталебетонных конструкций в СССР // Промышленное строительство, 1979. – №5. – С.4-5.
93. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные мосты. – М.: Транспорт, 1965. – 65 с.
94. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
95. Таль К.Е., Чистяков Е.А. Расчет несущей способности гибких железобетонных элементов. – В кн.: Расчет и конструирование элементов железобетонных конструкций. М., 1964, с. 71-104.
96. Таль К.Э. Исследование несущей способности гибких железобетонных колонн, работающих по первому случаю внецентренного сжатия. – В кн.: Расчет железобетонных конструкций/ Под общ. ред. А.А. Гвоздева. М., 1961, вып. 23 с. 127 – 195.
97. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 576с.
98. Труль В.А., Санжаровский Р.С. К вопросу расчета устойчивости сжато-изогнутых стержней с использованием приближенного выражения для кривизны. – В кн.: Исследования по строительным конструкциям и испытанию сооружений. Л., 1968, с. 23-25.
99. Труль В.А., Санжаровский Р.С. Экспериментальные исследования несущей способности внецентренно сжатых металлических труб, заполненных бетоном. – Известия вузов. Строительство и архитектура, 1968, 3.
100. Хофф Н. Продольный изгиб и устойчивость. – М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – 155 с.

101. Чистяков Е.А. О деформативности бетона при внецентренном сжатии железобетонных элементов. – В кн.: Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций. М., 1979, с. 108-125.

102. Чистяков Е.А. Шубик А.В. Деформации гибких железобетонных колонн при различном опирании. – В кн.: Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций. М., 1979, с. 89-93.

103. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения. – Автореферат дисс. соиск. д-ра техн. наук., сп.-ть 05.23.01. – Харьков, 1985. – 35 с.

104. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков, 1985. – 481 с.

105. Чихладзе Э.Д. Расчёт сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при внецентренном сжатии и изгибе // Тр. ин. - та/ХарИИЖТ. – 1993. – Вып.21. – С.23-25.

106. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 30 – 31.

107. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчёт сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при внецентренном сжатии и изгибе // Известия вузов. Строительство. – 1992. – №1. – С.6-10.

108. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчёт сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1993. – №1. – С.13-15.

109. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Межвуз. сб. научн. тр. – Харьков: ХарГАЖТ, 1996. – Вып. 27. – С. 4 – 39.

110. Шагин А.Л. Железобетонные конструкции сниженной металлоемкости // Сб: фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении. – Белгород. – 1989. – С.50-51.

111. Шагин А.Л. Эффективные методы армирования конструкций // сб. инженерной академии РФ. – М. – 1993. – С.78-81.

112. Яременко А.Ф. Чучмай А.М., Влияние продольно-поперечного изгиба и трещинообразования на усилия, возникающие в железобетонных неразрезных пролетных строениях автодорожных мостов. // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць. Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – Київ: Видавництво НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 764 – 770.

113. Яременко М.А Основы расчета и проектирования комбинированных и сталебетонных конструкций/ Под общ. ред. Э.Д, Чихладзе: Монография. – К.: Издательство «Транспорт України», 2006. – 104 с.

114. Яровой И.С. Экспериментальные исследования гибких внецентренно сжатых трубобетонных элементов. – В кн.: Трубобетонные и железобетонные конструкции. Киев, 1972. с. 40-44.

115. Ясинский Ф.С. Избранные работы по устойчивости сжатых стержней. М.: Гостехиздат, 1952. – 54 с.

116. Яшин А.В. Влияние неодноосных (сложных) напряжённых состояний на прочность и деформации бетона, включая область, близкую к разрушению // Прочность, жёсткость и трещиностойкость железобетонных конструкций: Сб. научн. тр. / НИИЖБ, под ред. А.А.Гвоздева. – 1979. – С.187-202.

117. Яшин А.В. Критерии прочности и деформирования бетона при простом нагружении для различных видов напряжённого состояния // Труды ин.-та НИИЖБ. – Расчёт и конструирование железобетонных конструкций. – 1977. – Вып.39. – с. 48-57.

118. Яшин А.В. Микромеханика разрушения бетона при сложных (многоосных) напряженных состояниях // Прочность и деформационные характеристики элементов бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: 1981. – с.3-29.

119. Яшин А.В. Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций железобетон / Сб. тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1979. – С. 187 – 202.

120. Яшин А.В. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при неосевых напряжённых состояниях. – М.: 1985. – 72 с.

121. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. – 1986. – №8. – С.39-42.

122. Bode H. Colonnes constitues de tubesen acier remplis de beton: dimensionnement et utilization. – Acier-stahl-steel, 11-12/1976, p.p. 388-393.

123. Concidere Resistance a la compression du beton arme et du beton frette. "Genie Givil", N142,1902.

124. Furlong R.W. Strength of steel – Encased Concrete Beam-Columns. I. Structural Division. ASCE, vol. 93,, № st.5, okt. 1967, p.p. 113-124.

125. Furlong R.W., Aske M. Design of steel – Encased Concrete Beam-Columns. "Proceeding, ASCE, vol. 94,, № st.1, Jan. 1968, p.p. 267-281."

126. Gardnes N.I. Use of spiral welded steel Tubes in Pipe Columns. A.C.J.J. Proceedings, vol. 65., Nov. 1968, p. 937-942.

127. Gardnes N.I., Jacobsen E.R. Structural Behaviour of Concrete Filled steel Tubes as Columns. A.C.J.J Proceedings, vol. 64., July 1967, p. 404-413.

128. Karman T.Th. Mitteilungen uber Forshunsarbeiten. VDT, heft 118,1912.

129. Knowles R. and Park R. Strength of concrete filled steel tutulaz columns. ACJ. J. Proc., vol. 95, № 12, 1969, p. 2565-2587.

130. Neogi P., Sen H., Chopman T., Concrete-filled tubular steel columst under eccentric loading. The structurael Eng., 1969, vol. 47, №5.

131. Ribes A., Albert E., Sazf I.L. Centre d'etudes de vulloures a Aulpoye. Architecture Francaise, 1965, № 271-272.

132. Richard F.E., Brantzaeg A., Brown R.L. A study of concrete unden combined compressive stress, Univ. of illinois, Eng. Exp. st., Bull. 185,1928.

133. Salani H.I. and Sims I.R. Behavior of Martaz Filled steel Tubes in Compression I. Amer. Concr. Inst. 1964, vol. 61.№10

134. Sen H.K. Triaxial stresses in Short Gurcular Concreat Concreat Filled Tubular steel Columns. Rilem – conterence Cannes, 1972/

Shanley F.R. The Column Paradox. J. Aeron