

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

ПЕТРОВ АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 624.012:35:539.38

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БРУСКОВЫХ
КОЛОНН ПРИ ОСЕВОМ И ВНЕЦЕНТРОМ СЖАТИИ**

Специальность 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

	Стр.
Введение.....	5
Раздел 1 Обзор исследований конструкций с внешним армированием.....	10
1.1. Конструкции с внешним армированием.....	10
1.2. Анализ исследований прочности и пластичности бетона в условиях сложного напряженного состояния.....	18
1.3. Методы расчета брусовых конструкций и их анализ	27
1.4. Краткие выводы и задачи исследований.....	31
Раздел 2 Теория расчета бетонных колонн прямоугольного сечения с внешним уголковым армированием.....	34
.....	
2.1. Расчет брусовых элементов прямоугольного сечения на прочность и деформативность при осевом и внецентренном сжатии.....	34
2.2. Определение поперечных перемещений в стальной обойме от единичных сил.....	43
2.2.1 Перемещения от единичных сил при осевом сжатии.....	44
2.2.2 Перемещения от единичных сил при внецентренном сжатии.....	46
2.3. Определение поперечных перемещений в бетонном ядре от единичных сил	49
2.4. Определение перемещений в стальной обойме от внешних воздействий.....	56

2.4.1	Распределение внешней нагрузки между стальной обоймой и бетонным ядром.....	56
2.4.2	Перемещения при осевом приложении нагрузки..	58
2.4.3	Перемещения при внецентренном приложении нагрузки.....	60
2.5	Определение перемещений в бетонном ядре от внешних воздействий.....	62
2.5.1	Перемещения при осевом приложении нагрузки..	62
2.5.2	Перемещения при внецентренном приложении нагрузки.....	65
2.6	Определение несущей способности брусковых элементов при осевом и внецентренном сжатии.....	67
2.7	Напряженно-деформированное состояние брускового элемента при продольном изгибе.....	71
2.8.	Выводы по главе.....	74
Раздел 3 Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния бетонных колонн с внешним армированием уголками		76
3.1.	Описание опытных образцов и характеристики применяемых материалов.....	76
3.2.	Методика проведения и результаты испытаний.....	80
3.2.1	Испытания на центральное сжатие.....	80
3.2.2	Испытания на внецентренное сжатие.....	84
3.3.	Анализ результатов экспериментальных исследований.....	90
3.4.	Сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследований брусковых колонн.....	100
3.5.	Краткие выводы по разделу.....	104

Раздел 4 Внедрение и экономическая эффективность бетонных колонн с внешним армированием уголками.....	106
4.1. Сравнительный анализ железобетонных и брусковых колонн.....	106
4.1.1 Расчет железобетонной колонны.....	107
4.1.2 Расчет брусковой колонны.....	113
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	118
Приложения.....	129
A.1. Алгоритм расчета брусковых колонн.....	130
A.2. Акты внедрения.....	131
A.3. Графики зависимости нагрузки от деформаций.....	134
A.4. Эпюры контактных сил.....	140

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время конструкции из бетона и железобетона получили широкое распространение в промышленном и гражданском строительстве. Дальнейшее их развитие связано с поиском новых конструктивных решений, обеспечивающих снижение трудозатрат и эффективное использование материалов. Традиционные железобетонные конструкции имеют ряд существенных недостатков. Один из них – трудоемкость изготовления. В сборных железобетонных конструкциях достаточно остро стоит проблема стыков, требующих большого количества закладных деталей. Недостаток стальных конструкций – возможная потеря общей и местной устойчивости сжатых элементов и низкая огнестойкость.

В рассматриваемых в диссертации сталебетонных конструкциях можно в значительной степени устранить эти недостатки, а в некоторых случаях и вовсе их избежать. Бетон, заключенный в обойму, имеет повышенную прочность за счет трансформации одноосного напряженного состояния в трехосное. Бетонное ядро, в свою очередь, препятствует потере устойчивости обоймы. Брусковые колонны имеют практически те же преимущества, что и колонны со сплошной обоймой. В то же время они требуют меньшего расхода металла, по сравнению с последними, при практически одинаковой несущей способности. Необходимо отметить, что сталебетонные колонны в целом, и брусковые в частности, не имеют массового применения. Это объясняется недостаточной разработанностью методов их расчета и узкой областью использования: большие нагрузки и ограниченные размеры сечений.

Таким образом, принимая во внимание практическую ценность развития конструкций с внешним армированием, а также уровень развития методов расчета брусковых конструкций, актуальность исследований по теме диссертации можно считать обоснованной.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Работа выполнена соискателем в рамках научных тем: “Розробка способів посилення аварійних та передаварійних споруд та методів оцінки їх несучої здатності після посилення з урахуванням реальних властивостей матеріалів”, регистрационный номер 0102U002542 (личный вклад - численные исследования); “Розробка теорії та методів розрахунку комбінованих конструкцій транспортних споруд”, регистрационный номер 0106U004122 (личный вклад – получение решений НДС и численные исследования брусовых колонн при силовых воздействиях).

Цель исследования состоит в разработке методики расчета напряженно-деформированного состояния коротких и длинных брусовых колонн при осевом и внецентренном сжатии.

Задачи исследования:

1. Провести обзор исследований работ отечественных и зарубежных ученых, посвященный брусовым конструкциям.
2. Разработать математический аппарат для расчета брусовых колонн при осевом и внецентренном сжатии с учетом нелинейности деформирования бетона, работающего в условиях объемного напряженного состояния.
3. Разработать алгоритм и программу расчета брусовых колонн на ПЭВМ, в том числе и для длинных колонн с учетом продольного изгиба.
4. Исследовать влияние величины шага хомутов на несущую способность брусовой колонны и разработать рекомендации по назначению рационального шага хомутов.
5. Провести экспериментальные исследования брусовых колонн, а также бетонных колонн и стальных каркасов при осевом и внецентренном сжатии.
6. Выполнить анализ и сравнить полученные экспериментальные и расчетные данные.

7. Внедрить результаты расчетов в практику проектирования и строительства.

8. Провести сравнительный расчет брусковой и железобетонной колонн и выполнить экономический анализ.

Объект исследования – брусковые колонны.

Предмет исследования – напряженно-деформированное состояние брусковых колонн при действии статической осевой и внецентренно приложенной нагрузки.

Методы исследования – аналитическими методами получено уравнение, описывающее НДС брусковой колонны. Решение уравнения осуществлено численно, шаговым перебором деформированных состояний с учетом нелинейного деформирования бетона, работающего в условиях объемного напряженного состояния. Экспериментальными методами найдены нагрузки и прогибы брусковых и бетонных колонн, а также стальных пространственных каркасов при осевом и внецентренном сжатии.

Научная новизна полученных результатов:

1. Разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния брусковых колонн при силовых воздействиях с учетом объемного напряженного состояния и трещинообразования в бетоне.

2. Получены теоретические и экспериментальные данные о несущей способности, деформациях, напряжениях, внутренних усилиях в брусковых колоннах при статическом приложении осевой и внецентренной продольной нагрузки.

3. Исследовано влияние величины шага хомутов на несущую способность брусковой колонны и разработаны рекомендации по назначению рационального шага хомутов.

4. Получены новые данные о взаимном влиянии пространственного стального каркаса и бетонного ядра на несущую способность брусковых колонн при осевом и внецентренном сжатии.

5. Проведен численный анализ влияния геометрических размеров брусковых колонн на работу бетонного ядра.

Практическое значение полученных результатов.

Использование брусковых колонн взамен железобетонных и стальных, а также усиление названных конструкций, позволяет, при минимальном расходе материалов увеличить несущую способность. Это особенно важно в объектах с ограниченными производственными площадями, в частности в транспортном и энергетическом строительстве.

Внедрение осуществлено в ОАО “Харьковметропроект” в виде алгоритма расчета на ПЭВМ.

Личный вклад соискателя определяется анализом литературных источников, посвященных задачам оценки несущей способности брусковых конструкций; проведенными экспериментальными исследованиями; разработкой математического аппарата и алгоритма для расчета брусковых колонн при осевом и внецентренном сжатии с учетом нелинейности деформирования бетона в условиях объемного напряженного состояния, в том числе и при продольном изгибе; исследованием влияния величины шага хомутов на несущую способность брусковой колонны и разработке рекомендаций по назначению рационального шага хомутов; получением новых данных о взаимном влиянии пространственного стального каркаса и бетонного ядра на несущую способность брусковых колонн при осевом и внецентренном сжатии; численным анализом влияния геометрических размеров брусковых колонн на работу бетонного ядра.

Апробация результатов диссертации. Результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались на:

1. Науково-технічній конференції «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди» (м. Рівне, 1999 р.).
2. Науково-технічній конференції «Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології» (м. Макіївка, 2001 р.).

3. Науково-технічній конференції «Математичні моделі процесів у будівництві» (м. Луганськ, 2004 р.).

4. Четвертій всеукраїнській науково-технічній конференції «Науково - технічні проблеми сучасного залізобетону» (м. Суми, 2005 р.).

5. Міжнародній науково-технічній конференції кафедр академії й фахівців залізничного транспорту та підприємств (м. Харків, 2001 – 2007 р.).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 9 статей. Из них 7- в изданиях, рекомендованных ВАК Украины для результатов диссертационных работ, 1 статья в информационном листке, 1 статья в виде тезисов доклада.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников, приложения и содержит 129 страниц машинописного текста, в том числе: 27 рисунков, 28 таблиц, 11 страниц приложения. Список использованных источников содержит 115 работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978. – 455 с.
2. Гершберг О.А. Технология бетонных и железобетонных. – М.: Изд. литературы по строительству, 1971. – 359 с.
3. Марьянов Н.Б. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона. – М.: Стройиздат, 1970. – 272 с.
4. Карпинский В.И. Исследование прочности бетона в предварительно напряженной спиральной обойме: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – М., 1961. – 15 с.
5. Дегтярев Ю.В. Исследование условий получения высокопрочной эффективной по сцеплению с бетоном стеклопластиковой арматурой: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – Рига, 1974. – 27 с.
6. Юшка П.С. Исследование особенностей работы стеклопластиковой арматуры в бетонных и стеклопластиковых конструкциях: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – Вильнюс, 1973. – 32 с.
7. Филиппов Б.П. Исследование прочности и деформативности сжатых элементов с косвенным армированием: Автореф. Дисс. к-та техн. наук. – М., 1973. - 25 с.
8. Санжаровский Р.С. Теория и расчет прочности и устойчивости элементов конструкций из стальных труб, заполненных бетоном: Автореф. Дисс. ... д-ра техн. наук. – Л., 1977. – 50 с.
9. Аметов Ю.Г. Несущая способность сталебетонных конструкций при длительных нагрузках // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. Том 2. Секционные доклады. – Москва, 2005. – С. 291-299.
10. Рудаков В.Н. Механика и физика прочности сжатой сталетрубобетонной конструкции (СТБК) // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (международной)

конференции по бетону и железобетону. Том 2. Секционные доклады. – Москва, 2005. – С. 558-568.

11. Веретенников В. И. Бармотин А.А. Напряженно-деформированное состояние сжатой зоны железобетонных элементов // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Збірник наукових статей. Випуск 4. – Кривий Ріг: КТУ, 2000. – С. 113-120.
12. Залигер Р. Железобетон, его расчет и проектирование. – М. – Л.: Госстройтехиздат, 1931. - 671 с.
13. Ситников Ю.В. Исследование железобетонных элементов со стальной оболочкой для несущих конструкций промышленных зданий: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – М., 1970. – 15 с.
14. Гамбаров Г.А. Исследование работы спирально армированных и трубобетонных элементов под воздействием центрального сжатия: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – М., 1962. – 15 с.
15. Росновский В.А., Липатов А.Ф. Испытание труб, заполненных бетоном // Железнодорожное строительство. – 1952. -№11. – С. 13-17.
16. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 109 с.
17. Долженко А.А. Усадка бетона в трубчатой обойме // Бетон и железобетон. – 1960. -№8. – С. 353-358.
18. Долженко А.А. К теории расчета трубобетона // Теория проектирования сооружений и конструкций. – Воронеж: ВИСИ, 1964. – С. 23-33.
19. Долженко А.А. Исследование ползучести трубобетона // Ползучесть строительных материалов и конструкций. – М., 1964.
20. Долженко А.А. Трубобетонные конструкции на строительство производственного здания // Промышленное строительство. – 1965. - №6. – С. 24-26.
21. Долженко А.А. Трубчатая арматура в железобетоне: Автореф. Дисс. ... к-та техн. наук. – М., 1967. – 24 с.

22. Трулль В.А., Санжаровский Р.С. Экспериментальные исследования несущей способности внецентренно сжатых металлических труб, заполненных бетоном // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1968. - №3.
23. Трулль В.А., Санжаровский Р.С. Исследование устойчивости внецентренно сжатых трубобетонных стержней с учетом работы бетона на растяжение // Исследование по строительным конструкциям и испытанию сооружений. – Л., 1968. - С. 5-12.
24. Санжаровский Р.С. О критериях прочности и устойчивости сжатых трубобетонных стержней // Механика стержневых систем и сплошных сред. – Л.: ЛИСИ, - 1969. -№60. – С. 164-171.
25. Санжаровский Р.С. К теории устойчивости сжатых стержней, в частности трубобетонных при статическом и динамическом нагружении с учетом ползучести // Механика стержневых систем и сплошных сред. – Л.: ЛИСИ, - 1970. - №63. – С. 216-243.
26. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых железобетонных стержней // Бетон и железобетон. –1971. - №11. С. 27-28.
27. Санжаровский Р.С., Кусябгалиев С.Г. К технологии заполнения и твердения бетона в стальных трубах // Строительные материалы. Строительное производство. Технология строительных изделий. –Л., 1971. – 144 с.
28. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Трулль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. – М.: Госстройиздат, 1974. –144 с.
29. Стороженко Л.И., Голобородько Б.И., Яровой И.С. Исследование внецентренно-сжатых трубобетонных элементов // Строительные конструкции. - Киев, 1970, вып. 14.
30. Стороженко Л.І., Сурдін В.М., Розрахунок трубобетонних конструкцій при короткочасній і тривалій дії навантаження - К.: Будівельник, 1972. - 132 с.

31. Стороженко Л.И. , Сурдин В.М. Ползучесть центрально сжатых трубобетонных элементов // Трубобетонные и железобетонные конструкции - К.: Будівельник, 1972. - С. 27-31.
32. Стороженко Л.И., Маракуца В.И. Влияние ползучести бетона на напряженно-деформированное состояние гибких трубобетонных элементов // Трубобетонные и железобетонные конструкции - К.: Будівельник, 1972. - С. 40-44.
33. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. - К.: Будівельник, 1978. - 80 с.
34. Storogenko L.I. Strength and Deformation of Concrete Filled Steel Tubular Elements // Proceeding of the International Special Conference on Concrete Filled Steel Tubular Structures. - Harbin, China, 1985. - p. 48-51.
35. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плохотный П.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции. - К.: Будівельник, 1994. - 104 с.
36. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. - 1990. - №10. - С. 30-31.
37. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Дис. ... д-ра техн. наук. - М. - 1989. - 423 с.
38. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. - 1990. - №2. - С. 22-26.
39. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Приближенная теория изгиба бетонных плит, усиленных стальным листом // Известие вузов. Строительство. - 1990. - №4. - С. 6-10.
40. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при изгибе и внецентренном сжатии // Известие вузов. Строительство. - 1992. - №1. - С. 6-10.
41. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонного элемента на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. - 1993. - №1. - С. 13-15.

42. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Совершенствование методов расчета и проектирования конструкций и сооружений. - Харьков, ХарГАЖТ, - 1996, вып. 27, С. 4-39.
43. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. Повышение прочности бетона. – Харьков: Вища школа, изд. объедин. при ХГУ, 1985. – 160 с.
44. Чихладзе Э.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных конструкций при силовых и температурных воздействиях // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. Том 2. Секционные доклады. – Москва, 2005. – С. 623-631.
45. Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. О возможности сведения трехмерной задачи к двумерной при оценке несущей способности трубы, заполненной бетоном // Збірник наукових праць луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007 - №71(94). – С. 122-129.
46. Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Напряженно-деформированное состояние цилиндрической сталебетонной колонны при осевом сжатии // 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.
47. Ватуля Г.Л. Несущая способность сталебетонных балок прямоугольного сечения, усиленных стальным шпренгелем: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01. –Харьков, 1999. – 156 с.
48. Гайдук Е.Н. Несущая способность сталебетонных колонн нагруженных с эксцентриситетом: Дис ... к-та техн. наук. – Полтава. 1995. – 153 с.
49. Глазунов Ю.В. Влияние способа приложения внешней продольной нагрузки на несущую способность сталебетонных коротких колонн

прямоугольного сечения. Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01. –Харьков, 1997. – 153 с.

50. Берестянская С.Ю. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 2002. – 214 с.
51. Орел Е.Ф. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных плит с различными условиями опирания: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 2006. – 251 с.
52. Веревичева М.А. Исследование процесса разрушения сталебетонных конструкций при интенсивных температурных воздействиях: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 1998. – 144 с.
53. Адамян И.Р. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных брусьев прямоугольного поперечного сечения с составной облойкой при сжатии и изгибе // Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Белгород, 2000. – 152 с.
54. Ribes A., Albert E., Sarf I. d'etudes de vulloures a Aulpauc / Architecture Francaise. – 1965. - №9. – p. 271-272.
55. Salani H.L., Sins I.R. Behavior of mortal filled steel tubes in Compression // JACI. – 1964. Vol. 1964.- №10. – p. 192-196.
56. Bode H. Colomnes constitutuces de tubes en aciev remplis de beton: dimensionement et utilisation. Aciev –Stahl – Steel, 11-12 / 1976. p. 338.
57. Furlang R.W. Strength of steel – Encased Concrete Beam – Columns. Proc. Amer. soc. Civil. Eng. – 1969. Vol. 95. - № st. 1 - p. 99-101.
58. Sen H.K. Trialial stresses in short Circular. Concrete tilled tubular steel columns. RILEM – Concrete. – 1972. – p. 89.
59. Put that in your pipe and cure it // Engineering News Record. – 1989. Vol. 222.- №7. – p. 52-53.
60. Рекомендации по усилению железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Ч.1. Наземные конструкции и сооружения – Х.: Промстройниипроект, 1985. – 249 с.

61. Бамбура А.М., Сазонова И.Р. Особенности расчета колонн высотного здания, усиленных при реконструкции железобетонными обоймами // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. Том 2. Секционные доклады. – Москва, 2005. – С. 328-333.
62. Гилодо А.Ю., Сингаевский П.М. К вопросу усиления несущих строительных конструкций при их реконструкции // Современные строительные конструкции из металла и древесины. Сборник научных трудов. – Одесса, 2005. – С. 35-39.
63. Єрмак Є.М. Про раціональну конструкцію сталевих колон, що несуть навантаження від мостових кранів // Зб.наук.пр. - Харків: ХарДАЗТ, 2001. Випуск 48, - С.37-41.
64. Єрмак Є.М, Огневий О.О. Посилення кроквяної ферми під навантаженням // Зб.наук.пр. - Харків: ХарДАЗТ, 2004. Випуск 59, - С.40-43.
65. Васильев А.Н., Переяславцев Н.А., Коровин Н.Н., Стульчиков А.Н., Горшкова В.М. Сборные каркасы из элементов с внешним армированием // Бетон и железобетон. – 1974. №1. С. 19-22.
66. Сапожников В.Ф. “Брусковые” сборные железобетонные конструкции в теплоэнергетическом строительстве // Промышленное строительство. – 1974. -№1. – С. 26-29.
67. Косолапов Н.А., Переяславцев Н.А. Технология производства брусковых конструкций // Бетон и железобетон. – 1977. - №6. – С.17-18.
68. Абашидзе А.И., Коссовский Г.Д. Работа железобетонных конструкций под действием динамических нагрузок // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Динамика гидротехнических сооружений. – 1966. Вып. 28.

69. Абашидзе А.И., Ландау С.З. Выносливость брусовых железобетонных конструкций при вибрационных воздействиях // Бетон и железобетон. – 1978. -№7. – С. 21-22.
70. Абашидзе А.И., Ландау С.З. Надежность брусовых элементов и их стыков при сейсмических воздействиях // Бетон и железобетон. – 1981. -№7. – С. 10-11.
71. Переяславцев Н.А. Брусовые конструкции с внешним армированием для каркасов ГРЭС // Бетон и железобетон. – 1977. -№6. – С. 7-9.
72. Переяславцев Н.А. Брусовые конструкции с внешним армированием уголками // Промышленное строительство. – 1979. - №10. – С. 13-14.
73. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат. – 1982. – 196 с.
74. Kupfer H., Gerstle K. behavior of Concrete Under Biaxial Stresses. Proceeding of the American Society of civil Engineers // Journal of the Engineering Mechanics Division. –1973. – Vol. 99. -№4. – p. 291-295.
75. Liu N., Nilson A., Slate F. Stress-strain Response and Fracture of Concrete in Uniaxial and Biaxial Compression // JACI. – 1972. – Vol. 69. - №5. – p. 291-295.
76. Яшин А.В. Неодноосные напряженно-деформированные состояния бетона // Прочность, структурные изменения и деформации бетона / Под ред. А.А. – М.: Стройиздат. –1978. –С. 196-222.
77. Гвоздев А.А., Бич П.М. Прочность бетона при двухосном сжатии // Бетон и железобетон. –1974. -№7. - С. 10-11.
78. Bellami G.I. Strength of Concrete Under Combined Stresses // JACI. – 1961. – Vol. 58. - №4. –p. 216-224.
79. 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.

80. Миренков А.Ф., Евдокимов В.И., Кузнецов В.Е. Методические особенности исследования свойств бетонов при двух- и трехосном сжатии // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Строительство. – 1976. – Вып. 1(4). – С. 19-23.
81. Евдокимов В.И. Экспериментальное исследование бетона при двухосном сжатии // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Строительство. – 1977. – Вып. 1(5). – С. 10-18.
82. Яшин А.В. Критерии прочности и деформирования бетона при простом нагружении для различных видов напряженного состояния // Расчет и конструирование железобетонных конструкций, НИИЖБ. - М., 1977. - Вып. 39. - С. 48-57.
83. Яшин А.В. Влияние не одноосных (сложных) напряженных состояний на прочность и деформации бетона, включая область, близкую к разрушению // Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций Сб. научн. тр. / НИИЖБ; Под ред. А.А. Гвоздева. - М., 1979. – С. 187-202.
84. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при не одноосных напряженных состояниях. - М.: НИИЖБ, 1985. - 72 с.
85. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. - 1986. - №8. - С. 39-42.
86. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. - М.: Стройиздат, 1974, - 316 с.
87. Карпенко Н.И. Об одной характерной функции прочности бетона при трехосном сжатии // Строительная механика и расчет сооружений. – 1982. №2. – С. 33-36.
88. Карпенко Н.И. К построению условия прочности бетонов при не одноосных напряженных состояниях // Бетон и железобетон. – 1985. - №10. –С. 35-37.
89. Козачевский А.И., Зядин А.М. Аппроксимация экспериментальных данных многоосного напряженно-деформированного состояния

дилатационной моделью деформационной теории пластичности бетона // Соппротивление материалов и теория сооружений. – Киев. – 1982. – Вып. 41. – С. 124-128.

90. Козачевский А.И. Модификация деформационной теории пластичности бетона и плоское напряженное состояние железобетона с трещинами // Строительная механика и расчет сооружений. – 1983. №4. – С. 12-16.
91. Шагин А. Л., Бондаренко В.М. Расчет эффективных многокомпонентных конструкций. – М.: Стройиздат, 1987. – 175 с.
92. Шагин А.Л. К расчету бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях сложного напряженного состояния // Прогрессивные решения в промышленном и гражданском строительстве Харьковской области: Тез. докл. научн. конф. - Харьков. - 1970. - С. 142-143.
93. Шагин А.Л. Об оценке работы бетона в условиях сложного напряженного состояния // Реализация региональной комплексной научно-технической целевой программы "Бетон": Тез. докл. обл. конф. - Харьков. -1983. - С. 28-30.
94. Ноткус А.И., Кудзис А.П. Оприменении теории малых упругопластических деформаций и теоретическом обосновании условия прочности бетона // Железобетонные конструкции. - 1977. - №8. - С. 21-30.
95. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. 2-е изд. –М.: Наука. – 1977. – 416 с.
96. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат. – 1976. – 208 с.
97. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат. – 1962. – 92 с.
98. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. – Минск. – 1997. – 96 с.
99. Кириленко В.Ф. Напряженное состояние изгибаемых коробчатых элементов, выполненных из изотропных и конструктивно

- анизотропных материалов // Строительная механика и расчет сооружений. - №6. – М., 1983. –С. 63-66.
100. Кириленко В.Ф., Беляев В.Ф., Емельянов Б.Н. Напряженно-деформированное состояние и расчет прочности балок с вертикальной гофрированной стенкой // Строительная механика и расчет сооружений. - №6. – М., 1989. –С. 12-15.
101. Кириленко В.Ф. Напряжения при локальных нагрузках в тонкостенных балках с конструктивно анизотропными стенками // Механика композитных материалов. – 1980. -№1. –С.73-77.
102. Васильев А.П., Голосов В.Н., Байдильдикова Г.К. Исследование несущей способности железобетонных колонн с внешним уголковым армированием // Пром. Строительство. – 1979. - №10. – С.14-16.
103. Жемчужников В.Г. Несущая способность элементов железобетонного каркаса зданий тепловых электростанций. // Сборник НИИСК “Строительные конструкции”. - Вып. XVIII. – Киев: 1971.
104. Коллатц Л. Численные методы решения дифференциальных уравнений: Пер. с нем. – М.: Иностранная литература, 1953. – 453с.
105. Канторович Л.В., Крылов В.Н. Приближенные методы высшего анализа. – М.: Физматгиз, 1962. – 708 с.
106. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 254 с.
107. Филоненко-Бородич М.М. Теория упругости. - М.: Физматгиз, 1959. – 364 с.
108. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1985. – 728 с.
109. Чихладзе Е.Д., Петров А.М. Дослідження роботи брускових елементів при осьовому та позацентровому стиску. // Зб.наук.пр. - Харків: ХарДАЗТ, 2000. Випуск 42, - С. 85-89.

110. Гайдук О.М., Петров А.М. Напружено-деформований стан бетонних колон із зовнішнім армуванням кутниками. // Зб.наук.пр. - Харків: ХарДАЗТ, 2001. Випуск 48, - С.47-51.
111. Кобзева Е.Н., Петров А.Н. Расчет брусовых конструкций при осевом и внецентренном сжатии. // Зб.наук.пр. Вісник ДонДАБА.- Вип. 2001-5 (30) – Макіївка, 2001 – С. 152-155.
112. Петров А.Н. Расчет несущей способности брусовых колонн при внецентренном сжатии // Залізничний транспорт України № 2 – Київ, 2002 – С. 34-35.
113. Кобзева Е.Н., Петров А.Н. Модель и методика исследования нелинейного деформирования брусовых конструкций. // Зб. наук. пр. Луганського державного аграрного Університету. Серія: Технічні науки. - Луганськ, 2004.-Вип. №49/52 – С. 15-21.
114. Петров А.Н. Численные исследования работы брусовых колонн на внецентренное сжатие. // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону. Збірник наукових праць у 2-х томах. Том 1 – Київ НДІБК, 2005 – С. 234-238.
115. Петров А.Н. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния бетонных колонн с внешним армированием уголками. // Вісник наукових праць Рівненського державного технічного університету. Збірник наукових праць. Випуск 3. – Рівне, 1999. – С. 238-242.