

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Берестянская Светлана Юрьевна

УДК 624.073:624.012.44:624.042.5

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРИ СИЛОВЫХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Специальность **05.23.01** – строительные конструкции, здания и сооружения

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

Чихладзе Элгуджа Давидович

доктор технических наук, профессор

Харьков – 2003

Содержание

	Стр.
Введение.....	5
Раздел 1 Обзор исследования конструкций с внешним листовым армированием.....	10
1.1. Анализ исследования конструкций с внешним листовым армированием	10
1.2. Методы расчета железобетонных конструкций при силовых и температурных воздействиях.....	17
1.3. Характеристика бетонов с точки зрения огнестойкости.....	26
1.3.1. Прочность бетона.....	27
1.3.2. Модуль упругости бетона.....	31
1.3.3. Диаграмма σ – ε бетона.....	33
1.3.4. Модуль упругости стали.....	35
1.3.5. Предел текучести стали.....	36
1.3.6. Усадочно-температурная деформация бетона.....	38
1.4. Краткие выводы и задачи настоящих исследований.....	40
Раздел 2 Теория расчета сталебетонных плит на силовые и температурные воздействия.....	43
2.1. Связь между напряжениями и деформациями в бетоне и стали.....	43
2.2. Модули упругости бетона при плоском напряженном состоянии при воздействии повышенных температур.....	50
2.3. Работа стального листа за пределом упругости.....	53
2.4. Разрешающее уравнение для расчета элемента сталебетонной плиты.....	54
2.4.1. Основные теоретические предпосылки.....	54

2.4.2. Уравнение равновесия малого элемента сталебетонной плиты нагруженной поперечной силой и подвергающейся температурному воздействию.....	57
2.4.3. Определение температурных моментов для различных схем воздействия.....	62
2.4.4. Определение напряжений в элементе сталебетонной плиты.....	66
2.4.5. Определение положения нейтральных осей.....	68
2.4.6. Учет податливости контакта стального листа с бетоном.....	71
2.5. Расчет плиты.....	75
2.5.1. Основные положения расчета.....	75
2.5.2. Граничные условия и условия симметрии.....	82
2.5.3. Определение податливости контакта стального листа с бетоном.....	84
2.6. Алгоритм расчета.....	86
2.7. Выводы по разделу 2.....	92
Раздел 3 Исследования сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	94
3.1. Пожар со стороны стального листа.....	94
3.1.1. Влияние прочности бетона на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	94
3.1.2. Влияние марки стали на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	100
3.1.3. Влияние толщины стального листа на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	104

3.1.4. Влияние воздушного зазора между стальным листом и бетоном на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	107
3.1.5. Влияние защитного слоя на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.....	113
3.2. Пожар со стороны бетона.....	120
3.3. Пожар одновременно со стороны стального листа и со стороны бетона.....	125
3.4. Выводы по разделу 3	130
Раздел 4 Использование результатов исследования в практике строительства и проектирования	133
4.1. Применение внешнего листового армирования в строительной практике.....	133
4.2. Сравнение результатов расчета с имеющимися экспериментальными данными при нормальной температуре.....	136
4.3. Сравнение результатов расчета с имеющимися экспериментальными данными при пожаре.....	142
4.4. Эффективность сталебетонных плит.....	145
4.5. Выводы по разделу 4	148
Общие выводы	150
Список использованных источников	152
Приложения	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Снижение ресурсоемкости строительства может быть достигнуто на основе освоения и совершенствования новых эффективных видов конструкций из армированного бетона, к числу которых относятся конструкции с внешним армированием плоской листовой сталью (сталебетонные конструкции).

Применение сталебетонных конструкций позволяет значительно улучшить показатели материалоемкости, стоимости и трудоемкости строительства, что достигается благодаря многофункциональному использованию стального листа: применение в качестве составной части опалубки, закладных деталей; совмещение функции рабочей арматуры с защитными и изоляционными функциями; компактное расположение у внешней кромки изгибаемого элемента; способностью воспринимать растягивающие усилия одновременно во всех направлениях. Наибольший эффект от внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах перекрытий и покрытий зданий и сооружений. Плоский стальной лист работает в условиях двухосного растяжения, благодаря чему повышается жесткость и несущая способность сталебетонной плиты по сравнению с железобетонной плитой при одинаковом расходе металла.

Внедрение изгибаемых в двух направлениях сталебетонных плит затруднено ввиду недостаточной разработанности методов расчета и проектирования, особенно с учетом высокоинтенсивных температурных воздействий. Проблема расчета сталебетонных плит на силовые и температурные воздействия состоит в необходимости учета: нелинейности деформирования бетона; его анизотропные свойства; зависимости жесткостных коэффициентов от температуры и нагрузки; влияния температуры на текущие и предельные напряжения в бетоне и стальном листе и др. факторов.

Для совершенствования и более широкого распространения в практике строительства изгибаемых в двух направлениях плит с внешним листовым армированием необходимо дальнейшее развитие теории и методов расчета, в том числе при кратковременном статическом нагружении и температурном воздействии. Конструкции должны отвечать не только требованиям прочности, жесткости и трещиностойкости, но и требованиям противопожарной безопасности. От пожара под действием высокой температуры снижается прочность конструкций из бетона и стали, приводя к их разрушению. Поэтому необходимо при проектировании зданий и сооружений наряду с расчетом на прочность, жесткость и трещиностойкость производить расчет и на огнестойкость.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Работа выполнена в рамках научных тем: «Разработка теории и методов расчета сталебетонных конструкций» регистрационный номер 0196U000644, *личный вклад* – участие в разработке алгоритма и численные расчеты; «Теория напряженно-деформированного и предельного состояний сталебетонных плит при воздействии интенсивных тепловых потоков» регистрационный номер 0199U003103, *личный вклад* – участие в исследованиях напряженно-деформированного состояния и расчет предела огнестойкости сталебетонных плит.

Цель работы. Разработка математического аппарата для расчета напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит на силовые и температурные воздействия.

Задачи исследований. Для достижения поставленной в работе цели были определены следующие задачи:

1. Разработать математический аппарат для расчета плит с внешним листовым армированием с учетом особенностей деформирования стального листа и бетона в условиях плоского напряженного состояния под воздействием нагрузки и температуры.

2. Разработать алгоритм и программу расчета сталебетонных плит на ПЭВМ.
3. Провести численные исследования сталебетонных плит с различными геометрическими и прочностными характеристиками материалов и различными температурными условиями.
4. Разработать конструкции защиты стального листа от тепловых воздействий при пожаре и методику их расчета.
5. Внедрить результаты работы в практику проектирования и строительства.

Объект исследования – сталебетонные плиты.

Предмет исследования - Напряженно-деформированное состояние прямоугольных в плане сталебетонных плит при действии статически приложенной внешней нагрузки и температурных воздействий, в том числе и соответствующих условиям стандартного пожара.

Методы исследования – Аналитические и численные. Получены зависимости для описания напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях, основанные на приведении бетона к условно изотропному материалу. Сформулированы начальные и граничные условия, определяемые закреплением плиты и отмеченными выше воздействиями. Осуществлена численная реализация предложенного решения.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна настоящих исследований определяется следующими результатами:

1. Разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях.
2. Получены данные о несущей способности, деформациях, напряжениях, внутренних усилиях сталебетонных плит при действии статически приложенной нагрузки и температурных воздействий, осуществляемых по различным схемам.

3. При температурном воздействии со стороны бетона сталебетонная плита удовлетворяет требованиям норм, предъявляемым к перекрытиям зданий I степени огнестойкости.
4. При действии пожара со стороны стального листа предел огнестойкости сталебетонных плит удовлетворяет требованиям к перекрытиям зданий III степени огнестойкости. Показано, что при использовании различных противопожарных покрытий огнестойкость рассматриваемых конструкции может быть доведена до требований, соответствующих зданиям I степени огнестойкости.
5. При действии пожара одновременно с обеих сторон сталебетонную плиту также необходимо защищать, чтобы обеспечить степень огнестойкости перекрытия зданий выше III. Разработаны и рекомендованы различные способы защиты и методика их расчета.

Практическое значение полученных результатов. Предложенная методика расчета позволяет определять несущую способность сталебетонных нагруженных плит при различных схемах температурных воздействий. Появляется возможность при проектировании зданий и сооружений, наряду с расчетами на прочность, жесткость и трещиностойкость, проводить расчеты на огнестойкость и предусматривать конструктивные мероприятия по противопожарной защите.

Результаты диссертационной работы внедрены в виде программы расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) сталебетонных плит на силовые и температурные воздействия в проектно-институте Харьковметропроект.

Лично полученные соискателем результаты.

1. На основании литературных источников выполнен анализ методов расчета конструкций с внешним листовым армированием при действии нагрузки и температуры.

2. Разработан математический аппарат, алгоритм и программа расчета сталебетонных плит при действии нагрузки и температуры на ПЭВМ.
3. Проведены численные исследования сталебетонных плит с различными геометрическими и прочностными характеристиками материалов.
4. Разработана методика расчета защиты стального листа от тепловых воздействий при пожаре.

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

1. Второй всеукраинской научно-технической конференции «Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону» (г. Киев, 1999г.).
2. Второй научно-технической конференции «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди» (г. Ровно, 1999г.).
3. Международной научно-практической конференции «Башенные сооружения: материалы, конструкции и технологии» (г. Макеевка, 2001г.).
4. Научно-технических конференциях Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта (1998-2001 г.г.).
5. Первой областной конференции молодых ученых «Тобі , Харківщино, - пошук молодих», которая проводилась в рамках областного форума «Освіта, наука, виробництво – шляхи інтеграції» (г. Харьков 2002 г.). Доклад отмечен дипломом.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 8 научных работах, 7 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК Украины для публикации результатов диссертационных работ, 1 – тезисы доклада научно технической конференции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
2. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков, 1985. – 481 с.
3. Фонов В. М., Людковский И.Г., Нестерович А.П. Прочность и деформативность трубобетонных элементов при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1989. - №1. –С. 4-6.
4. Людковский И.Г. Висячие сталежелезобетонные мембранные покрытия прямоугольного очертания в плане // Бетон и железобетон. – 1986. - №9. – С. 9-12.
5. Lawson R.M. Recent Trends in Composite Construction // Concrete. – 1986. №2. –Vol.20. – P.P. 5-7.
6. Колбасин В.Г. Плиты с арматурой из профилированного стального настила // Бетон и железобетон. – 1980. - №1. – С. 11-13.
7. Bouda M. Konstrukcni system VIP // Pozemni stavby. – 1976. – №5. – P.P. 204-209.
8. Петров И.А., Рабинович Р.И., Ханукова Г.Е. Конструктивные решения комбинированных перекрытий с внешним армированием стальным профилированным листом // Промышленное строительство. – 1984. - №2. – С. 11-14.
9. Рабинович Р.И., Орлов Г.Г. Расчет двухслойных балок с упругопластическими составляющими стержнями // Строительная механика и расчет сооружений. – 1988. - №2. – С. 24-28.
10. А.с. 1044749 СССР, МКИ 4 Е 04 с 5/03. Арматура для бетона / С.М. Скоробогатов, Г.Н.Дерябин, В.Л.Жулидов (СССР). – Оpubл.30.09.83. Бюл.№36. – 2 с.
11. Porter M.L. Analysis of Two-way Acting Composite // Journal of Structural Engineering. – 1985. – Vol.111. - №1. – P.P. 1-18.

12. А.с. 846683 СССР.МКИ 4 Е 04 с 2/00. Строительная плита / Ю.И. Лубошников, В.В. Сурин, Б.В. Кучер (СССР). – Оpubл. 15.07.81. Бюл. №26. – 2 с.
13. Гвоздев А.А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. –М.: Стройиздат, 1949. – 280 с.
14. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовым армированием. – М., Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
15. Воронков Р.В. Новые конструктивные решения железобетонных сооружений с листовой арматурой. – Л.: ЛДНТП, 1985. – 32 с.
16. Бочагов В.П. Несущая способность и деформативность опертых по контуру плит из конструктивно-теплоизоляционного керамзитобетона с внешним листовым армированием: Дис.... канд. техн. наук. – Свердловск, 1982. – 232 с.
17. Бочагов В.П., Фокин А.А., Кучерюк В.И., Никина Л.И. Испытания малых образцов плит с двойным листовым армированием // Проектирование и строительство комплексно-блочных объектов нефтяной и газовой промышленности: Сб. научн. тр. / ВНИИСТ. – М., 1984. – С. 71-78.
18. Скоробагатов С.М., Бочагов В.П., О применении метода предельного равновесия к расчету несущей способности опертых по контуру плит с внешним листовым армированием // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1985. - №4. – С. 1-5.
19. Бочагов В.П., Фокин А.А., Попов А.П. Испытание натурального образца легкогобетонной плиты с внешним армированием // Индустриализация нефтегазопромыслового строительства в Западной Сибири: Сб. научн. тр. / ВНИИСТ. – М.: 1985. – С. 12-19.
20. Кучерюк В.И., Дорогин А.Д., Бочагов В.П. Расчет многослойных пластин экспериментально-теоретическим методом // Строительная механика и расчет сооружений. – 1983. - №2. – С. 69-71.

21. Ong K.C.G., Mays G.C., Cusens A.R. Flexural Test of Steel-Concrete Open Sandwiches // Magazine of Concrete Research. – 1982. – Vol.34. – №120. P.P. 130-138.
22. Ong K.C.G., Mansur M.A. Punching Shear of Steel-concrete Open Sandwich Slabs // Magazine of Concrete Research. – 1985. – Vol.37. – №133. – P.P. 216-226.
23. Королев А.Н., Крылов С.М. Способ расчета прогибов железобетонных плит опертых по контуру и безбалочных перекрытий при действии кратковременной нагрузки // Труды ин-та / НИИЖБ. – Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных клнструкций. – 1962. – Вып.26. – С. 59-199.
24. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированные состояния сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. - №2. – С. 22-26.
25. 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.
26. 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. – 1989. - №6. – С. 12-15.
27. Кириленко В.Ф. Напряжения при локальных нагрузках в тонкостенных балках с конструктивно анизотропными стенками // Механика композитных материалов. – 1980. - №1. – С. 73-77.
28. Ржаницин А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
29. Арсланханов А.Д. Исследование напряженно-деформированного и предельных состояний сталебетонных плит при статическом

- кратковременном нагружении // Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков 1989. – 154 с.
30. Адамян И.Р. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусьев прямоугольного поперечного сечения с составной обоймой при сжатии и изгибе // Дис. ... канд.техн.наук: 05.23.01. – Белгород, 2000. – 152 с.
31. Веревичева М.А. Исследование процесса разрушения сталебетонных конструкций при интенсивных температурных воздействиях: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 1998. – 144 с.
32. Молдавская Т.А. Напряженно-деформированное и граничное состояние сталебетонных сводов: : Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 1997. – 150 с.
33. Гайдук Е.Н. Несущая способность сталебетонных колонн нагруженных с эксцентриситетом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Полтава. 1995. – 153 с.
34. Мотовилов А.В. Прочность сталебетонных элементов прямоугольного поперечного сечения при кручении: : Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 1999. – 141 с.
35. 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.
36. Ватуля Г.Л. Несущая способность сталебетонных шпренгельных балок прямоугольного сечения, усиленных стальным шпренгелем: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 1999. – 160 с.
37. А.С. № 1647101 / Чихладзе Э.Д. и др. Перекрытия, 1991, Бюл.№17.
38. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Межвуз. сб. научн. тр. – Харьков: ХарГАЖТ, 1996. – Вып.27. – С. 4-39.

39. Голосов В.Н., Залесов А.С., Бирюков Г.П. Расчет конструкций с внешним армированием под действием поперечных сил // Бетон и железобетон. – 1977. - №6. – С. 14-16.
40. Хрулев В.М. Прочность клеевых соединений. – М.: Стройиздат, 1973. – 81 с.
41. Кисилиер М.И. Изгибаемые железобетонные элементы с приклеенной внешней стальной растянутой арматурой // Энергетическое строительство. – 1972. - №2. – С. 47-51.
42. Кисилиер М.И. Клеевое соединение внешней листовой арматуры с бетоном при сдвиге // Бетон и железобетон. – 1977. - №6. – С. 22-23.
43. Климченко Ф.Е., Барабаш В.М. Листовая арматура периодического профиля для железобетонных конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон. – 1977. - №6. – С. 19-22.
44. Катин И.И., Стульчиклв А.Н. Работа закладных деталей при сдвиге и совместном действии сдвигающих сил и изгибающих моментов // Стыки сборных железобетонных конструкций / Под ред. А.П.Васильева. – М.: Стройиздат, 1970. – С. 118-161.
45. Клевцов В.А., Весник Н.И. Исследование закладных деталей узлов сопряжений сборных конструкций каркасов одноэтажных производственных зданий // Предварительно-напряженные конструкции зданий и инженерных сооружений / Под ред. Г.И.Бердичевского. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 22-37.
46. Бартлеми Б., Крюпа Ж. Огнестойкость строительных конструкций / Пер. с франц. М.В. Предтеченского; Под ред. В.В. Жукова. – М.: Стройиздат, 1985. – 216 с.
47. Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций / Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А., Берестянская С.Ю., Колесниченко И.Н. - Харків: ХарДАЗТ, 2000.- Вып.40. - 97с.

48. Барабаш В.М., Павловская М.А., Железобетонные балки с внешним полосовым армированием из алюминиевых сплавов // Вестн. Львовского политехнического ин-та. – 1986. - №203. – С. 10-13.
49. Галеркин Б.Г. Упругие тонкие плиты. – М.: Госстройиздат, 1934. – 370 с.
50. Тимошенко С.П., Войновский-Кигер С. Пластинки и оболочки. – М.: Физматгиз, 1963. – 636 с.
51. Калманок А.С. Расчет пластинок. – М.: Госстройиздат, 1959. – 212 с.
52. Калманок А.С. К расчету железобетонных плит по методу предельного равновесия // исследования по теории сооружений / Под ред. А.А. Гвоздева. – Вып.7. – М.: Госстройиздат, 1957. – С. 315-322.
53. Крылов С.М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях. – М.: Госстройиздат, 1964. – 168 с.
54. Ржаницын А.Р. расчет сооружений с учетом пластических свойств материалов. 2-е изд. – М. Госстройиздат, 1954.- 288 с.
55. Ржаницын А.Р. Предельное равновесие пластинок и оболочек. – М. : Наука, 1983. – 288 с.
56. Дубинский А.М. Расчет несущей способности железобетонных плит. – Киев: Госстройиздат, 1964. – 182 с.
57. Зырянов В.С. Направление линий излома в плитах опертых по контуру // Бетон и железобетон. – 1983. - №1 – С. 41-42.
58. Вилен Ф.И. К расчету прогибов железобетонных плит при действии кратковременной нагрузки // Строительные конструкции. – Вып.УІ. – Киев: 1967. – С. 32-44.
59. Зайцев Л.Н. Расчет прогибов железобетонных квадратных плит, заделанных по двум смежным сторонам и свободно опертых по двум сторонам // Бетон и железобетон. – 1964. - №7. – С .330-333.
60. Лившиц Я.Д., Онищенко М.М. Расчет железобетонных плит с учетом трещинообразования и ползучести // Строительная механика и расчет сооружений. – 1962. - №6. – С. 6-11.

61. Мурашев В.И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона. – М.: Масшстройиздат, 1950. – 268 с.
62. Байков В.И., Владимиров В.Ф. Исследование железобетонных плит на ЭВМ Урал-2 с учетом действительной жесткости на кручение // VI Конференция по бетону и железобетону: Материалы секций конференции, подготовленные центральным правлением НТО Стройиндустрии. Первая секция. – М.: Стройиздат, 1966. – С. 3-9.
63. Бондаренко В.М., Тимко А.И., Шагин А.Л. Расчет железобетонных плит и оболочек методом интегрального модуля деформаций. – Харьков: Изд. ХГУ, 1967. – 86 с.
64. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. – М.: Стройиздат, 1982. – 287 с.
65. Мельникова Л.А. Расчет тонких железобетонных плит с учетом двухосной ползучести и различно расположенных трещин // Расчет строительных конструкций: Сборник научных сообщений. – М.:Стройиздат, 1973. – С. 9-19.
66. Гвоздев А.А., Карпенко Н.И., Крылов С.М. Теоретическое и экспериментальное исследование работы железобетона с трещинами при плоском однородном и неоднородном напряженном состоянии // Совершенствование расчета статически неопределимых железобетонных конструкций: Сб. научн. тр. / НИИЖБ; Под ред. А.А.Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 5-43.
67. Бильченко А.В., Карпенко Н.И. Экспериментальная проверка и исследование параметров теории деформирования железобетонных плит с трещинами, работающих в двух направлениях // Прочность и жесткость железобетонных конструкций: Сб. научн. тр. / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1971. – С. 98-117.
68. Шмуклер В.С., Шмуглер И.В. Напряженное состояние неодносвязных физических нелинейных сред // В сб. “Вопросы механики твердого деформированного тела” - Харьков: ХАИ, 1989 – с. 12-14.

69. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 218 с.
70. Методы расчета стержневых систем, пластин и оболочек с использованием ЭВМ / А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников; Под ред. А.Ф. Смирнова. Часть 1 и 2. – М.: Стройиздат, 1976.
71. Смирнов В.А. Расчет пластин сложного очертания. М.: Стройиздат, 1978. – 300 с.
72. Численные методы в теории упругости и теории оболочек / Н.П. Абовский, Н.П. Андреев, А.П. Деруга, В.И. Савченков. – Красноярск: Изд. Красноярского ун-та, 1986. – 384 с.
73. Карпенко Н.И. и др. Расчет железобетонных плит с трещинами с помощью ЭЦВМ // Вычислительная и организационная техника в строительстве и проектировании. Серия II: Автоматизация строительного проектирования. – Вып.2. – М.: Гипротис, 1967. – С. 21-26.
74. Гуревич А.Л., Карпенко Н.И., Ярин Л.И. О способах расчета железобетонных плит на ЭВМ с учетом процесса трещинообразования // Строительная механика и расчет сооружений. – 1972. - №1. – С. 24-29.
75. Кулагин А.А., Шумилин А.Б. К расчету гладких железобетонных плит перекрытий с учетом процесса трещинообразования // Строительная механика и расчет сооружений. – 1979. - №2. – С. 24-27.
76. Городецкий А.С., Зодоренко В.С. Расчет железобетонных плит с учетом образования трещин методом конечных элементов // Прикладные проблемы прочности и пластичности. – Вып.3. – Горький: Изд. Горьк. ун-та, 1976. – С. 43-52.
77. Леньшин В.П., Леви М.И., Барышева М.Л. Расчет железобетонных изгибаемых плит с учетом физической нелинейности // Жилищное строительство. – 1979. - №8. – С. 23.

78. Гитман Л.Б., Леньшин В.П. Автоматизация расчета железобетонных плит с использованием неоднородных конечных элементов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1988. - №1. – С. 71-75.
79. Проценко А.М., Лосин Н.А. Решение задачи об изгибе железобетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. – 1979. - №6. – С. 35-38.
80. Коллатц Л. Численные методы решения дифференциальных уравнений: Пер.с нем. – М.: Иностранная литература, 1953. – 459 с.
81. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. – М.: Физматгиз, 1962. – 708 с.
82. Яременко А.Ф., Балдук П.Г. Механика материалов и конструкций. – Одесса: Внешрекламсервис, 2001. – 254 с.
83. Гуровая Л.А. Экспериментально-теоретические исследования опертых по контуру плит с стальным и стеклопластиковым армированием: Дис.... канд. техн. наук. – Харьков, 1982. – 190 с.
84. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. – 1990. - №10. – С. 30-31.
85. Шимановский А.В., Васягин Р.В., Пуляев В.А., Мошкин Л. Применение проектно-вычислительного комплекса SCAD к исследованию объектов атомной энергетики // САПР и графика. – 1997. - №10. – С. 91-95.
86. Шімановський А.В., Карпіловський В.С., Криксунов Е.З. Проектно-обчислювальний комплекс SCAD – інструмент для створення нових технологій дослідження об'єктів атомної енергетики // Будівництво України. – 1998. - №1. – С. 37-40.
87. Кричевский А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия. – М.: Стройиздат, 1984. – 248 с.
88. Кричевский А.П. О расчетном определении температурно-усадочных деформаций бетона при повышенных температурах // Исследлвание надежности и качества железобетонных конструкций. – Куйбишев. Ун-т. 1978. – С. 43-54.

89. Кричевский А.П. Определение деформаций ползучести бетона при повышенных температурах // Бетон и железобетон. – 1982. - №11. – С. 18-20.
90. Кричевский А.П. Деформации сжатия тяжелого бетона при нагреве // Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при нагреве / Тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 21-29.
91. Милованов А.Ф. Жаростойкий бетон. – М.: Госстройиздат, 1963. – 235 с.
92. Милованов А.Ф. Влияние температуры на бетон // Бетон и железобетон. – 1995. - №4. – С. 9-13.
93. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1986. – 225 с.
94. Жаростойкие бетоны / Под ред. Некрасова. – М.: Изд-во л-ры по строительству. 1964. – 292 с.
95. Некрасов К.Д., Жуков В.З., Гуляева В.Ф. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур. – М.: Стройиздат, 1972. – 128 с.
96. Некрасов К.Д., Жуков В.З., Коростышевский Я.Д. Влияние нагрева на физико-механические свойства тяжелого бетона // Тепломонтажные и изоляционные работы. – 1967. – в.1 / ЦБТИ. – С. 12-16.
97. Фомин С.Л. Работа железобетонных конструкций при воздействии климатической, технологической и пожарной среды. Дис....доктора техн. наук: Защищ. 26.12.97, утв.25.12.98, ДД № 000309. – Харьков, 1997. – 515 с.
98. Стельмах О.А. Вогнестійкість і залишкова міцність стислих залізобетонних елементів / Автореферат кандидатської дисертації. Харків. 1997р.
99. Кулешов М.М., Стельмах О.А., Юзьків Т.Б. Особливості поведінки бетону при різних режимах нагріву та охолодження // Сб. науч. тр. «Проблемы пожарной безопасности». – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – Вып. 5. – С. 137-140.

100. Кулешов Н.Н., Стельмах О.А., Юзькив Т.Б. Исследование процессов тепловлагопереноса при циклическом нагреве и водяном охлаждении бетона и их влияния на огнестойкость строительных конструкций // Сб. науч. тр. «Проблемы пожарной безопасности». – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – Вып. 7. – С. 121- 126.
101. Бушев Н.С. Прочность и деформативность бетона на гранитном щебне при высоких температурах //Сб. тр. ВНИИПО – М., 1981. – С. 127-132.
102. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.
103. Крапенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
104. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
105. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 22 с.
106. СНиП 2.03.04-84. Бетонные и железобетонные конструкции предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. – М.: 1985. – 53 с.
107. Шагин А.Л. Об оценке работы бетона в условиях сложного напряженного состояния // Реализация региональной комплексной научно-технической целевой программы “ Бетон ”: Тез. докл. обл. конфер. – Харьков, 1983. – С. 28-30.
108. Kupfer H., Hilsdorf H., Rush H. Behavior of Concrete under biaxial Stresses // JACI. – 1969. – vol. 66. - №8. – p.p. 656-666.
109. Lin N., Nilson A., Slate F.C. Stress – strain Response and Fracture of Concrete in Uniaxial and Biaxial Compreaaion // JACI. – 1972. – vol. 69. - №5. – p.p. 291-295.
110. Яшин А.В. Критерий прочности и деформирования бетона при простом нагружении для различных видов напряженного состояния // Труды ин-та / НИИЖБ. – Расчет и конструирование железобетонных конструкций. – 1977. – Вып. 39. – С. 48-57.

111. Берг О.Я. Некоторые вопросы теории деформаций и прочности бетона // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1967. - №10. – С.41-55.
112. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.
113. Гинеев Г.А., Кисюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. –М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
114. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. – 1986. - №8. С. 39-42.
115. Яременко А.Ф., Дорофеев В.С., Сорока Н.Н. Расчет железобетонных конструкций с учетом реальных диаграмм деформирования материалов // Материалы симпозиума ФИП. – Лондон, 1996. – т.2. – С.705-713.
116. Шагин А.Л. К расчету бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях сложного напряженного состояния // Прогрессивные конструктивные решения в промышленном и гражданском строительстве Харьковской области: Тез. докл. научн. конф. – Харьков, 1970. – С. 142-143.
117. Kupfer H., Gerstle K. Behavior of Concrete Under Biaxial Stresses. Proceedings of the American Society of Civil Engineers // Journal of the Engineering Mechanics Division. – 1973. Vol.99. – №EM4. – P.P. 853-866.
118. Чихладзе Э.Д., Берестянская С.Ю. Напряженно-деформированное состояние элемента сталебетонной плиты при силовых и температурных воздействиях // Будівельні конструкції. Збірник наукових праць: Вып. 50, Киев: НДІБК, 1999 С. 259-263.
119. Берестянская С.Ю. Влияние повышенных и высоких температур на деформирование бетона при плоском напряженном состоянии // Зб. наук. праць “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне: РДТУ, 1999. – Вип..3. – С. 93-97.
120. Чихладзе Э.Д., Берестянская С.Ю. Розрахунок сталебетонних плит на силові та температурні впливи // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2000. – Вип.. 42. – С. 96-100.

121. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. – Харьков: Изд. ХГУ, 1968. – 324 с.
122. Биргер А.И. Круглые пластинки и оболочки вращения. – М.: Оборонгиз, 1961. – 368 с.
123. Вереви́чева М.А. Берестя́нська С.Ю. Тепломасообмін у бетонній плиті // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2001. – Вип. 45. – С. 124-127.
124. Вереви́чева М.А. Берестя́нська С.Ю. Плоска задача епломасообміну у бетонній плиті // Вісник ДонДАБА. – Вип. 2001 – 5(30). – С. 138-140.
125. Лехницкий С.Г. Анизотропные пластинки. – 2-е изд. – М.: Гостехиздат, 1957. – 464 с.
126. Патент 1292450 Великобритания, МКИ 4 ЕО4 с2/26. Способ соединения бетона с металлом / Н.Л. Chaïm, Technion Research and Development Foundation LTD. – Psh. 11.10.72; НКН ЕІW. – 3 р.
127. А.С. 1025823 СССР, МКИ ЕО 4 в 5/02. Железобетонная плита / Л.З.Аншин /СССР/. Оpubл. 30.06.83. Бюлл.№24. – 2 с.
128. Корнишин М.С. Нелинейные задачи теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
129. Жемочкин Б.Л. Теория упругости. – М.: Госстройиздат, 1957. – 256 с.
130. Козачевский А.А., Крылов С.Н. Исследование перераспределения усилий в сложных стержневых системах с учетом неупругих свойств железобетона // Труды ин-та / НИИЖБ. – Совершенствование расчета статически неопределимых железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 43-62.
131. Дыховичный А.А. О сходимости метода последовательных приближений при расчете статически неопределимых железобетонных конструкций // Вычислительная техника в строительстве и проектировании. Серия II. Автоматизация строительного проектирования. – Вып. I. – М.: Гипротис, 1967. – С. 32-35.
132. Чихладзе Э.Д. Вереви́чева М.А., Берестя́нская С.Ю. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и

- температурных воздействиях // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник: Вып. 39, Киев: Техника, 2002 С. 98-104.
133. Васильев А.П. и др. Состояние и перспективы развития конструкций с внешним листовым армированием сталежелезобетонных конструкций // Материалы совета по координации научно-исследовательских работ в области бетона и железобетона. – М.: НИИЖБ, 1980. – С. 14-26.
134. Lawson R.M. Recent Trends in Composite Construction // Concrete. – 1986. - № 2. – Vol. 20. – P.P. 5-7.
135. Воронков Р.В. Водогазонепроницаемые железобетонные конструкции с листовой арматурой // Бетона и железобетон. – 1970. - № 8 . – С. 30-32.
136. Воронков Р.В., Любарова И.П. Опыт проектирования и строительства опускного колодца диаметром 66,1 м с глубиной погружения 70 м. – Л.: ЛДНТП, 1979. – 32 с.
137. Железобетонные защитные оболочки АЭС / Г.К. Хайдуков и др. – М.: Атомиздат, 1978. – 128 с.
138. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – Киев: Будівельник, 1984. – 88 с.
139. Мошляковский Л.М., Лыков А.Д., Репкин В.Ю. Органические покрытия пониженной горючести. – Ленинград: Химия, 1989. -