

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Ковалёв Максим Александрович

УДК 624.071.34:624.042

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ
СОСТОЯНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ СТАТИЧЕСКОМ
КРАТКОВРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ**

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-2008

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Раздел 1. Обзор исследований конструкций с внешним армированием.....	9
1.1 Анализ исследований конструкций с внешним армированием...	9
1.2 Анализ конструкций антисдвиговых анкеров	18
1.3 Краткие выводы и задачи настоящих исследований.....	20
Раздел 2. Напряжённно-деформированное и предельные состояния бетонных балок с внешним листовым армированием	23
2.1 Основные теоретические предпосылки	23
2.2 Описание процесса деформирования балок при кратковременном нагружении	25
2.3 Напряжённно- деформированное состояние малого элемента сталебетонной балки	26
2.4 Учёт податливости стального листа с бетоном	33
2.5 Напряжённно-деформированное состояние сталебетонной балки	36
2.6 Предельное равновесие сталебетонных балок	42
2.6.1 Несущая способность сталебетонных балок по нормальному сечению	44
2.6.2 Несущая способность сталебетонных балок по прочности контакта листа с бетоном	46
2.7 Выводы по разделу 2.....	49
Раздел 3. Экспериментальные исследования	

сталебетонных балок	51
3.1 Цели и задачи исследования	51
3.2 Методика испытаний	51
3.3 Описание опытных образцов	54
3.4 Анализ результатов экспериментальных исследований сталебетонных балок	61
Выводы по разделу	87
Раздел 4. Внедрение результатов исследования	90
4.1 Описание района строительства	90
4.2 Вариантное проектирование	91
Общие выводы	105
Список использованных источников	107
Приложения	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Важнейшей задачей современного строительства является освоение и совершенствование новых эффективных видов конструкций из армированного бетона, к числу которых относятся конструкции с внешним армированием плоской листовой сталью.

Применение сталебетонных конструкций позволяет значительно улучшить показатели материалоемкости, стоимости и трудоемкости строительства. А именно: упрощение технологии изготовления, уменьшение количества закладных деталей, простота сборки, ремонта и усиления, понижение высоты элементов за счет отсутствия защитного слоя и компактного расположения арматуры. Все это достигается благодаря многофункциональному использованию стального листа. Некоторые недостатки, обусловленные малой коррозионной стойкостью и огнестойкостью, могут быть преодолены применением различных защитных покрытий.

Использование рассматриваемых в работе балок с внешним листовым армированием позволит при равной строительной высоте повысить жёсткость, трещиностойкость и несущую способность по сравнению с традиционными железобетонными.

Необходимо отметить, что такие конструкции не имеют массового применения. Это объясняется недостаточной разработанностью методов их расчётов и мало изученным вопросом методов объединения стальной полосы и бетонного тела балки для совместной работы.

Для повышения эффективности и более широкого распространения в практике строительства балок с внешним листовым армированием необходимо дальнейшее развитие теории и методов расчета. Таким образом, актуальность исследований по теме диссертации можно считать обоснованной.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена 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 сталебетонных балок при силовых воздействиях).

Цель исследования состоит в разработке методики расчета напряженно-деформированного и предельного состояния сталебетонных балок при статическом кратковременном нагружении.

Задачи исследования:

1. Провести обзор исследований работ отечественных и зарубежных ученых, посвященных сталебетонным балкам.
2. Разработать математический аппарат для расчета сталебетонных балок при статическом кратковременном нагружении.
3. Исследовать влияние различных типов анкеровки стальной полосы и бетона на несущую способность сталебетонных балок.
4. Провести экспериментальные исследования сталебетонных балок с различными типами анкерных упоров.
5. Выполнить анализ и сравнить полученные экспериментальные и расчетные данные.
6. Внедрить результаты расчетов в практику проектирования и строительства.

Объект исследования. Сталебетонные балки.

Предмет исследования. Напряженно-деформированное и предельные состояния сталебетонных балок при статическом кратковременном нагружении.

Методы исследований. Аналитические и экспериментальные. Определение напряженно-деформированного состояния сталебетонных балок осуществлено следующим образом: теоретически получена полная система уравнений (физические уравнения, уравнения равновесия, геометрические зависимости), определяющие напряженно-деформированное состояние малого элемента сталебетонной балки с учётом податливости контакта стального листа с бетоном, численным методом (метод конечных разностей) осуществлено решение этих уравнений. Экспериментальными методами были определены деформативные характеристики объединения стального листа с бетоном, выявлены закономерности распределения и перераспределения усилий, возникающих в плоскости контакта стального листа с бетоном, найдены нагрузки и прогибы сталебетонных балок.

Научная новизна полученных результатов:

1. Разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния сталебетонных балок при силовых воздействиях с учетом податливости контакта стального листа с бетоном.

2. Определена несущая способность сталебетонных балок по прочности нормальных сечений и по прочности контакта стального листа с бетоном методом предельного равновесия.

3. Получены теоретические и экспериментальные данные о несущей способности, деформациях, напряжениях, сдвигах по контакту при статическом кратковременном приложении нагрузки.

4. Исследовано влияние применения различного типа анкерных упоров на напряжённо-деформированное состояние.

Практическое значение полученных результатов. Предложенная методика расчета позволяет определять несущую способность сталебетонных балок с учётом податливости контакта стального листа с бетоном при действии статически приложенной нагрузки. Применение сталебетонных балок в строительстве позволяет при равной строительной высоте повысить их

жёсткость, трещиностойкость и несущую способность по сравнению с железобетонными.

Внедрение. Результаты диссертационной работы внедрены на ООО “Старк”, в виде предложенной конструкции и расчёта количества анкерных упоров.

Личный вклад соискателя определяется анализом литературных источников, посвященных задачам оценки несущей способности бетонных балок с внешним листовым армированием; проведенными экспериментальными исследованиями; разработкой методики расчёта сталебетонных балок с учётом податливости контакта стального листа с бетоном; разработкой методики определения несущей способности сталебетонных балок по прочности нормальных сечений и по прочности контакта стального листа с бетоном методом предельного равновесия; исследование влияния различного типа анкерных упоров на напряжённо – деформированное состояние рассматриваемых конструкций.

Апробация результатов. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались:

1. Международной научно – технической конференции “Автоматизация проектирования в строительстве и гидротехнике” (г. Одесса, 2003 г.).
2. Четвертой научно-технической конференции «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди» (г. Ровно, 2003 г.).
3. Международном конгрессе «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии» (г. Белгород, Россия, 2003 г.).
4. Всеукраинской научно – технической конференции “Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель” (г. Киев, 2004 г.).

5. Научно – технических конференциях Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (1999 – 2008 г.г).
6. VI международной научно – практической конференции “Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения” (г. Ялта, 2008 г.).

Публикации. Основное содержание опубликовано в 6 научных работах, в сборниках рекомендованных ВАК Украины для публикации результатов диссертационных исследований.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников, приложения и содержит 118 страниц машинописного текста, в том числе: 65 рисунков, 3 таблицы, 2 страницы приложения. Список использованных источников содержит 82 работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – Киев: Будівельник, 1984. – 88 с.
2. Клименко Ф.Е., Шеховцов А.Д. А. с. 452654 (СССР). Сталежелезобетонная балка. – Оpubл. в Б. И., 1974, № 45.
3. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовым армированием. – Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
4. Воронков Р.В. Водогазонепроницаемые железобетонные конструкции с листовой арматурой // Бетон и железобетон. – 1970. - № 8. – С. 30 – 32.
5. А.с. 334347 СССР МКН 4 Е 04 в 1/62 Способ изготовления железобетонных водогазонепроницаемых конструкций с металлической листовой гидроизоляцией на подкладке из цементного раствора Р.В. Воронков (СССР). – Оpubл. 30.03.72. Бюл. № 12. – 3 с.
6. Стороженко Л.И. Железобетонные конструкции с внешним армированием. – К.: УМКВО, 1989. – 99 с.
7. Стороженко Л.И., Семко А.В., Ефименко В.И. Сталежелезобетонные конструкции. – К.: « Четверта хвиля », 1997. – 160 с.
8. Стрелецкий Н. Н. Сталежелезобетонные пролётные строения мостов. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
9. 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.
10. Людковский И.Г. Висячие сталежелезобетонные мембранные покрытия прямоугольного очертания в плане // Бетон и железобетон. – 1986. - № 9. – С. 9-12.

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

12. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – С. 22 – 26.

13. Чихладзе Э. Д., Арсланханов А. Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Межвуз. сбор. науч. трудов.- Харьков, ХарГАЖТ. 1996.- Вып. 27.-С.- 4-39.

14. 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

15. Скоробогатов 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.

16. Васильев А. П. И др. Состояние и перспективы развития сталежелезобетонных конструкций с внешним листовым армированием // Материалы совета по координации научно – исследовательских работ в области бетона и железобетона. – М.:НИИЖБ, 1980. – С, 14 – 26.

17. Бердичевский Г. И., Подольский И.Я. Исследование преднапряжённых сталежелезобетонных изгибаемых элементов для перекрытий общественных зданий. – В кн.: Пред напряженные конструкции зданий и инженерных сооружений. М.: Стройиздат, 1977, с. 45 – 49.

18. Аншин Л.З. Сталежелезобетонные конструкции перекрытий и покрытий гражданских зданий //Промышленное строительство, 1979. - №5- с. 14-15.

19. Барабаш В. М., Павловская М. А. Железобетонные балки с внешним полосовым армированием из алюминиевых сплавов // Вестн. Львовского политехнического института.- 1986. № 203.-С. 10-13.

20. Бочагов В.П., Фокин А.А., Кучерюк В.Н., Никина Л.И. Испытание 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.

21. Бочагов В.П., Фокин А.А., Попов А.П., Испытание натурального образца легкого бетонной плиты с внешним армированием // Индустриализация нефтегазопромыслового строительства в Западной Сибири : Сб. научн. тр. / ВНИИСТ. – М.: 1985. – С. 12 – 19.

22. Lawson R.M. Recent Trends in Composite Construction // Concrete. – 1986. № 2 – Vol. 20. – P.P. 5 – 7.

23. 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.

24. Porter M.L. Analysis of Two-way Acting Composite // Journal of Structural Engineering. – 1985. – Vol. 111. - № 1. – P.P 1–18.

25. 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.

26. 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.

27. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. - Киев: 1978. –80 с.

28. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. – М.: Трансжелдориздат, 1963. –109 с.

29. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плахотный П.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции. – К.: « Будівельник » , 1994. – 104 с.

30. Долженко А.А. Исследование сопротивления трубобетона внецентренному сжатию и поперечному изгибу // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. –1965. – №1. – с. 43-46.

31. 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.

32. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых трубобетонных стержней // Бетон и железобетон. – 1971. – №11. – с. 27-28.

33. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М. Исследование прочности и деформативности сталежелезобетонных изгибаемых элементов с листовой сталью на тяжёлом и лёгком бетонах. – Бетон и железобетон, 1972, № 8, с. 5 – 6.

34. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М. Павловская М.А. Прочность и деформативность преднапряжённых сталебетонных балок с внешней листовой арматурой. – Бетон и железобетон, 1978, № 5, с. 10 – 12.

35. Клименко Ф.Е., Гайдаш Н.Л. Исследование сталежелезобетонных изгибаемых элементов с листовой сталью. – Вестн. Львов. политех. ин-та. Вопр. соврем. стр-ва, 1971, № 51, с. 30 – 35.

36. Клименко Ф.Е., Гайдаш Н.Л. Экспериментальное исследование связей – анкеров, упоров в сталежелезобетонных изгибаемых конструкциях. – Вестн. Львов. политех. ин-та. Вопр. соврем. стр-ва, 1971, № 13, с. 9 – 15.

37. Клименко Ф.Е., Крамарчук П.П., Шеховцов А.Д. Преднапряженные сталебетонные подкрановые балки, армированные листовой сталью. – Пром. стр-во и инж. сооружения, 1974, № 5, с. 20 – 23.

38. Клименко Ф.Е. Внешнее армирование железобетонных элементов полосовой арматурой гладкого и периодического профиля. – Изв. вузов. Стр-во и архитектура, 1981, № 11, с. 25 – 29.

39. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М. Листовая арматура периодического профиля для железобетонных конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон. – 1977. - № 6. – С. 19 – 22.

40. Лучко И.И., Гавриляк А.И.

41. 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.

42. Bouda M. Konstrukcni system VIP // Pozemni stavby. – 1976. - № 5. – P.P. 204 – 209.

43. Колбасин В.Г. Плиты с арматурой из профилированного стального стального настила // Бетон и железобетон. – 1980. - № 1. – С. 11 – 13.

44. 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.

45. Перекрытия по стальному профилирующему настилу. Сборник научных трудов. Под. ред. Васильева. – М., НИИЖБ. Госстроя СССР, 1983, с 77.

46. Багатурия Ф.И. Исследование монолитных ж.б. плит с профилированной листовой арматурой : Автореф. Дис. канд. техн. наук. – Л., 1975 – 16 с.

47. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройизд, 1986. – 316 с.

48. Хрулев В.М. Прочность клеевых соединений. – М.: Стройизд, 1973. – 81 с.

49. Золотов М.С. Акриловые клеи в строительстве // Тезисы докладов респ. научн.-техн. конф. «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков, 1987. – С. 3 – 5.

50. Золотов С.М. Энерго- и ресурсосберегающий акриловый клей для соединения бетонных и железобетонных элементов // Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве: Сб. научн. трудов международной научн.- практич. конф. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – Часть 2. – С. 55 – 60.

51. Кисилиер М.И. Изгибаемые железобетонные элементы с приклеенной внешней стальной растянутой арматурой // Энергетическое строительство. – 1972. № 2. – С. 47 – 51.

52. Кисилиер М.И. Клеевое соединение внешней листовой арматуры с

бетоном при сдвиге // Бетон и железобетон. – 1977. - № 6. С. 22 – 23.

53.Катин И.И., Стульчиков 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.

54.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.Н. Бердичевского. – М.: Стройиздат, 1977 – С 22 – 37.

55.Кучерюк В.И., Дорогин А.Д., Бочагов В.П. Расчёт многослойных пластин экспериментально-теоретическим методом // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1983. - №2. – С69 – 71.

56.Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций // Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А., Берестянская С.Ю., Колесниченко И.Н. – Харьков: Хаар ДАЗТ, 2002.- Вып.40.- 97с.

57.Бартлеми Б., Крюпп Ж. Огнестойкость строительных конструкций // Пер. с франц. М.В. Предтеченского; Под ред. В.В. Жукова. – М.: Стройиздат, 1985. – 216с.

58.Веревичева М.А. Исследование процесса разрушения сталебетонных конструкций при интенсивных температурных воздействиях: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 1998 – 144 с.

59.Берестянская С.Ю. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 2003. – 214 с.

60.Жакин И.А. Напряженно – деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01 – Харьков, 2003. – 214 с.

61. Еврокод 4 Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий. Перевод с немецкого Л.И. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Козарь. Полтава – 1997.

62. Мурашев В.И. Трещиностойчивость, жесткость и прочность железобетона. М.: Масшстройиздат, 1950. – 268 с.

63. 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. - No EM 4. - P. 853 – 866 .

64. Kupfer H., Hilsdorf H., Rush H. Behavior of Concrete under biaxial Stresses // JACI. – 1969. – vol. 66. - №8. – p.p. 656-666.

65. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.

66. Бондаренко В.М., Тимко А.И., Шагин А.Л. Расчет железобетонных плит и оболочек методом интегрального модуля деформаций. – Харьков: Изд. ХГУ, 1967. – 86 с.

67. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. – Харьков: Изд. ХГУ, 1968. – 324 с.

68. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. - М.: Стройиздат, 1982. – 287 с.

69. Чихладзе Э.Д. Соппротивление материалов. – Харьков. УкрГАЗТ, 2002. – 262 с.

70. Чихладзе Э.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при внецентренном сжатии и изгибе // Строительная механика и расчет сооружений. - 1992. - №3.- С. 9-17

71. 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.

72.. СНиП 2.03.01-84

73. 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.

74. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. – М.: Физматгиз, 1962. – 708 с.

75. Корнишин М.С. Нелинейные задачи теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. – М.: Наука, 1964. – 192 с.

76. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.

77. Гулеев В.И., Баженов В.А., Гоголюк В.А. Устойчивость нелинейных механических систем. – Львов: Изд. ЛГУ, 1982. – 255 с.

78. Жемочкин Б.Л. Теория упругости. – М.: Госстройиздат, 1957. – 256 с.

79. Гвоздев А. А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. – М.: Стройиздат, 1949. – 280 с.

80. Гвоздев А.А., Бич П.М. Прочность бетона при двухосном сжатии // Бетон и железобетон. – 1974. - №7. - С. 10-11.

81. Ржаницын А.Р. Предельное равновесие пластинок и оболочек. – М.: Наука, 1983. – 288 с.

82. Рабинович Р.Н., Орлов Г.Г. Расчет двухслойных балок с упругопластическими составляющими стержнями // Строительная механика и расчет сооружений. – 1988. - № 2. – С. 24 – 28.

83. Александров А. В., Шапошников Н. Н., Зылев В. Б. О совершенствовании метода расчёта висячих конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. – 1985. - №4. - С. 31-35.

84. Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников. Под ред. Смирнова. Методы расчета стержневых систем, пластин и оболочек с использованием ЭВМ. – М.: Стройиздат, Ч. 1,2, 1976. – 270 с.

85. Астанин В.В., Галиев Ш.У., Иващенко К.Б. Численно-экспериментальное исследование упругопластического взаимодействия ударника с преградой // Пробл. прочности. – 1987. - № 11. – С. 97-100.

86. Астанин В.В. Экспериментальное исследование упругих предвестников плоских упруго-пластических волн в металлах // Пробл. прочности. – 1980. - № 6. – С. 92-94.

87. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. – Москва, 1959. – 320с.
88. 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.
89. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1972.
90. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Издательство физико-математической литературы, 1960. – 659с.
91. Дж. Деннис, Р. Шнабель. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. – М.: Изд. “Мир”, 1988. – 440с.
92. Еремеев П. Г., Арончик А. Б. Исследование работы тонкого металлического листа на сдвиг // Строительная механика и расчет сооружений. – 1982. - №4. – С. 29-33.
- 93.
94. Коллатц Л. Численные методы решения дифференциальных уравнений. – М.: Ин. Лит. -1953. – 452 с.
95. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Минск: Изд. БГУ им. В.И. Ленина, 1982. – 302с.
96. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 260с.
97. Очков В.Ф. Mathcad 7 Pro для студентов и инженеров. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 380с.
98. Патент 1292450 Великобритания, МКИ4 Е 04 с 2/26. Способ соединения бетона с металлом / Н.Л. Chaim; Technion Research and Development Foundation LTD/ - Psh/ 11.10.72; HKN EIW. -3р.
99. Рекомендации по дуговой точечной сварке соединений элементов стальных строительных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., 1981. - 61с.
100. Ржаницин А.Р. Представление сплошного изотропного упругого тела в виде шарнирно-стержневой системы // Исследование по вопросам

строительной механики и теории пластичности. – М.: Госстройиздат, 1956. –С. 81-93.

101. Розин Л.А. Стержневые системы как системы конечных элементов. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1976. –232с.

102. Сальвадори М.Д. Численные методы в технике. –М.: ИЛ,1955. – 247с.

103. Стрельбицкая А.И., Колгадин В.А., Матошко С.И. Изгиб прямоугольных пластин за пределом упругости. – Киев: Наукова думка, 1971.- 244с.

104. Тимошенко С. П., Дж. Гудьер. Теория упругости –М.: Наука, 1979.

105. Фельдман М. Р. К теории изгиба прямоугольных пластин с большими прогибами. –В сб.: Исследования по теории сооружений, -Вып. 9. 1960.

106. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Харьков, 1985. –423с.

107. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. -1990. -№2. -с.22-26.

108. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Межвуз. сб. научн. тр. / - Харьков: ХарГАЖТ, 1996. - Вып. 27.-С. 3-39.

109. 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.

110. 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.

111. Kupfer H., Gerstle K. Behavior of Concrete unter Biaxial Stresses. Proceedings of the American Society of civil Engineers // Journal of the Engineering Mechanics - Division. - 1973. - vol. 99. - No EM 4. - P. 853 – 866 .

112. Железобетонная плита: А. С. 647425 СССР, МКИ Е 04 в 5/02. / Аншин Л.З. (СССР). – Оpubл. 30.06.83.Бюл. №24.