

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

ЖАКИН ИВАН АНАТОЛЬЕВИЧ

УДК 624.012:536.4:614.841.33

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН
ПРИ СИЛОВЫХ И ИНТЕНСИВНЫХ 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 техн. наук, профессор

Харьков – 2004

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Раздел 1. Обзор исследований процессов деформации и разрушения бетонных и сталебетонных конструкций при силовых и интенсивных температурных воздействиях	10
1.1. Анализ физических и математических моделей расчета температурно-влажностных полей	11
1.2. Анализ исследований несущей способности бетонных и сталебетонных конструкций при силовых и температурных воздействиях	20
1.3. Выводы и задачи настоящих исследований	32
Раздел 2. Несущая способность бетонных и сталебетонных колонн при силовых и температурных воздействиях	35
2.1. Основные теоретические предпосылки	35
2.1.1. Бетон рассматривается как пористая трехфазная среда	35
2.1.2. Теплофизические характеристики материалов принимаются зависящими от температуры	39
2.1.2.1. Теплопроводность	39
2.1.2.2. Удельная теплоемкость	41
2.1.2.3. Коэффициент теплообмена	42
2.1.3. Зависимость деформативно-прочностных характеристик материалов от температуры	43
2.1.3.1. Одноосное напряженно-деформированное состояние бетона	44
2.1.3.2. Диаграмма $\sigma - \varepsilon$ бетона при одноосном сжатии и растяжении	47
2.1.3.3. Прочность бетона при трехосном напряженном состоянии	48

2.1.3.4.	Модуль упругости стали	53
2.1.3.5.	Предел текучести стали	54
2.2.	Напряженно-деформированное состояние и несущая способность цилиндрической бетонной колонны ...	55
2.2.1.	Тепломассообмен с подвижной границей парообразования	56
2.2.2.	Численная реализация задачи тепломассообмена ...	59
2.2.3.	Дифференциальные уравнения равновесия	62
2.2.4.	Решение дифференциальных уравнений	64
2.2.5.	Граничные условия	65
2.2.6.	Численная реализация расчета напряжений	67
2.3.	Напряженно-деформированное состояние и несущая способность сталебетонной цилиндрической колонны	68
2.3.1.	Тепломассообмен между бетоном и сталью	68
2.3.2.	Особенности численной реализации расчета температурного поля	71
2.3.3.	Дифференциальные уравнения равновесия	71
2.3.4.	Граничные условия и решение уравнений	73
2.3.5.	Численная реализация	79
2.4.	Напряженно-деформированное состояние и несущая способность сталебетонной колонны с кольцевым поперечным сечением	80
2.4.1.	Тепломассообмен в сталебетонной колонне кольцевого сечения	80
2.4.2.	Дифференциальные уравнения равновесия	81
2.4.3.	Граничные условия и решение уравнений	81
2.4.4.	Численная реализация	83
2.4.5.	Случай пожара внутри колонны	83
2.5.	Выводы	83

Раздел 3.	Численные исследования	85
3.1.	Силовое сопротивление бетонной колонны при пожаре	85
3.1.1.	Тестирование метода	88
3.1.2.	Численные исследования	89
3.2.	Расчет бетонной колонны сплошного сечения со стальной обоймой	96
.....		
3.2.1.	Исследование несущей способности бетонной колонны со стальной обоймой при нормальной температуре	98
3.2.1.1.	Передача нагрузки на все сечение	98
3.2.1.2.	Передача нагрузки на бетонное ядро сечения	121
3.2.2.	Огнестойкость сталебетонной колонны сплошного сечения	127
3.2.2.1.	Тестирование метода	127
3.2.2.2.	Передача нагрузки на все сечение	128
3.2.2.3.	Передача нагрузки на бетонное ядро	141
3.2.3.	Огнестойкость сталебетонной колонны кольцевого сечения	143
3.2.3.1.	Действие пожара со стороны обоймы	143
3.2.3.2.	Пожар изнутри колонны	147
3.3.	Выводы	150
Раздел 4.	Внедрение результатов исследований в практику проектирования и строительства	151
4.1.	Расчет бетонной колонны сплошного сечения со стальной обоймой	151
.....		
4.1.1.	Общие сведения о программе «Огнестойкость - Сталебетонная колонна»	151

4.1.2.	Инструкция по работе с программой «Огнестойкость - Сталобетонная колонна»	156
4.2.	Расчет конструкции станции метрополитена «Интернациональная»	160
4.2.1.	Описание конструкции сооружения	160
4.2.2.	Расчетная схема	160
4.2.3.	Результаты расчетов	166
4.2.4.	Расчет колонны на термо-силовые воздействия	178
4.3.	Выводы	181
	ВЫВОДЫ	182
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	184
	Приложения	196

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Одним из самых опасных воздействий на сооружение является пожар, который может возникнуть как от небрежного или неграмотного обращения с огнем, легко воспламеняющимися веществами или электрооборудованием, так и при различных чрезвычайных ситуациях – глобальных или локальных катаклизмах природного, антропогенного или техногенного характера. Особенно следует отметить возросшую в последнее время опасность пожаров, вызванных террористическими актами.

Число пожаров во всем мире ежегодно возрастает. В среднем каждый час в огне пожара погибают 1-3 человека, получают тяжелые увечья 10-12 человек. Убытки от разрушения несущих конструкций во время пожара составляют 13-18% общего ущерба. Это создает необходимость совершенствования и развития нормативной базы в области противопожарной защиты. Обеспечение пожарной безопасности строительных объектов является сложной комплексной задачей, которая решается совместными усилиями конструкторов, материаловедов и специалистов пожарного дела. Особая роль здесь отводится конструктивной безопасности сооружений, выражающейся в обеспечении огнестойкости несущих конструкций, в первую очередь колонн, а также их огнестойкости после пожара. На основании сказанного повышение условий пожарной безопасности несущих элементов и всего сооружения в целом путем разработки принципов и методов оценки их огнестойкости является важной государственной задачей.

Цель исследований заключается в разработке методики расчета на силовые и температурные воздействия сталебетонных колонн со сплошным и кольцевым поперечными сечениями, а также бетонных колонн круглого сечения при различных условиях опирания.

Задачи исследований - разработать математический и вычислительный аппарат для определения огнестойкости бетонных и сталебетонных колонн; провести численные исследования огнестойкости указанных конструкций с

установлением влияния размеров сечения, процента армирования, прочности бетона, вида тепловой защиты, толщины защитного слоя. Внедрить методику расчета в практику проектирования несущих конструкций.

Объект исследований – сталебетонные колонны со сплошным и кольцевым поперечными сечениями, а также бетонные колонны круглого сечения при различных условиях опирания.

Предмет исследований – несущая способность сталебетонных колонн со сплошным и кольцевым поперечными сечениями, а также бетонных колонн круглого сечения.

Методы исследований - метод упругих решений в форме метода переменных параметров упругости для расчета НДС в сечении колонны; аналитическое и численное интегрирование полученных уравнений термоупругости; дискретизация области и метод прогонки для численного решения нелинейной задачи тепломассообмена с подвижной границей парообразования.

Научная новизна полученных результатов:

1. Разработана методика расчета на термосиловые воздействия сталебетонных колонн сплошного и кольцевого сечений и бетонных колонн круглого сечения, учитывающая

- трехосное напряженное состояние в бетоне;
- модель бетона как трехфазной среды;
- нестационарное температурно-влажностное поле с подвижной границей парообразования;
- изменение физико-механических характеристик материалов при нагреве;
- переменность параметров деформирования E и ν в зависимости от уровня силовых и температурных воздействий;
- различные условия опирания.

2. Исследована зависимость пористости бетона от температуры. На основании аналитических оценок сделан вывод о том, что эта зависимость явля-

ется слабой и может не учитываться в трехфазной модели бетона при температурном воздействии.

3. Разработан алгоритм и составлена программа расчета колонн для ЭВМ, позволяющая оценить несущую способность при термосиловых воздействиях.

4. Показано влияние различных защитных материалов на огнестойкость сталебетонных колонн.

Практическое значение полученных результатов. Применение предложенной методики расчета позволяет определить несущую способность сталебетонных, бетонных и железобетонных колонн при заданных термосиловых воздействиях и оценить огнестойкость указанных конструкций.

Внедрение. Результаты диссертационной работы в виде методики и программы расчета огнестойкости сталебетонных колонн на силовые и температурные воздействия внедрены в практику проектирования несущих конструкций станций метрополитена в г.Харькове, ОАО «Харьковметропроект».

Личный вклад соискателя: проведен анализ литературных источников, посвященных задачам оценки несущей способности сталебетонных, бетонных и железобетонных колонн при термосиловых воздействиях; проведен анализ зависимости пористости бетона от температуры; разработана методика расчета напряжений в круглом и кольцевом сечениях сталебетонной колонны, учитывающая трехосное напряженное состояние в бетоне на основании методики А.В. Яшина; разработана методика и программа расчета на силовые и температурные воздействия сталебетонных колонн сплошного и кольцевого сечений, а также бетонных колонн круглого сечения с использованием модели бетона как трехфазной среды и с учетом изменения физико-механических характеристик материалов при нагреве.

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

1. Международной научно-технической конференции кафедр академии и специалистов железнодорожного транспорта и предприятий (г. Харьков, 2001г., 2002г., 2003г.)
2. Четвертой научно-технической конференции «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди» (м. Рівне, 2003р.).
3. Третій Всеукраїнській науково-технічній конференції «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону» (м. Львів, 2003р.).
4. Международной научно-технической конференции «Автоматизация проектирования в строительстве и гидротехнике» (г. Одесса, 2003г.).
5. Международном конгрессе «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии» (г. Белгород, Россия, 2003г.).
6. Научно-технической конференции «Математические модели процессов в строительстве» (г. Луганск, 2004г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 9 научных работах. Из них 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК Украины для публикации результатов диссертационных работ, 1 – в России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Державний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Терміни та визначення. ДСТУ 2272-93. - Київ: Держстандарт України.
2. СНиП 2.03.04-84*. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001.
3. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ. - М.: Стройиздат, 1986. – 22с.
4. МДС 21-2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. Второе издание. – М.: ГУП «НИИЖБ», 2000.
5. СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы. – М., 2001.
6. Лыков А.В. Теория сушки. – М: Энергия, 1968. – 471с.
7. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. Под ред. А.В. Лыкова. – М.: Энергия, 1973. – 336с.
8. Милованов А.Ф. Жаростойкий бетон. – М.: Госстройиздат, 1963. – 235с.
9. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. – 225с.
10. Милованов А.Ф. Влияние температуры на бетон // Бетон и железобетон. – 1995. – №4. – С. 9 – 13.
11. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1998. – 304с.
12. Кричевский А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия. - М.: Стройиздат, 1984. – 248с.
13. Кричевский А.П. О расчетном определении температурно-усадочных деформаций бетона при повышенных температурах // Исследование

- надежности и качества железобетонных конструкций. - Куйбышев: Куйбышев. ун-т, 1978. – С. 43 – 54.
14. Кричевский А.П. Определение деформаций ползучести бетона при повышенных температурах // Бетон и железобетон. – 1982. – № 11. – С. 18 – 20.
15. Кричевский А.П. Деформации сжатия тяжелого бетона при нагреве // Тр. НИИЖБ “Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при нагреве”. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 21 – 29.
16. Жаростойкие бетоны / Под ред. К.Д. Некрасова. – М.: Изд-во л-ры по строительству, 1964. – 292с.
17. Некрасов К.Д., Жуков В.З., Гуляева В.Ф. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур. – М.: Стройиздат, 1972. – 128с.
18. 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.
19. Огнестойкость зданий / Бушев В.П., Пчелинцев В.А., Федоренко В.С., Яковлев А.И. / Под ред. Пчелинцева В.А. – М.: Изд-во л-ры по строительству, 1970. – 261с.
20. Яковлев А. И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 143с.
21. Яковлев А.И. Основные принципы расчета пределов огнестойкости строительных конструкций: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 8. – М.:ВНИИПО, 1980. – С. 3 – 14.
22. Бартелеми Б., Крюппа Ж. Огнестойкость строительных конструкций: Пер. с франц. – М.: Стройиздат, 1985. – 216с.
23. Гельмиза В.И. Оценка взрывоопасного разрушения бетона: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 8. – М.:ВНИИПО, 1980. – С. 84 – 90.

24. Гринчик Ю.А. Огнестойкость внецентренно сжатых колонн кольцевого сечения: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 8. – М.:ВНИИПО, 1980. – С. 46 – 49.
25. Макагонов В.А. Расчет температуры в плоских конструкциях с учетом влагопереноса: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 7. – М.:ВНИИПО, 1979. – С. 106 – 113.
26. Олимпиев В.Г., Зенков Н.И. Исследование прочностных и деформативных свойств тяжелого силикатного бетона при воздействии высоких температур: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 3. – М.:ВНИИПО, 1975. – С. 24 – 36.
27. Зенков Н.И., Бушуев Н.С., Руссо В.Л. Прочность, деформативность и газопроницаемость тяжелого крупнозернистого силикатобетона при нагреве: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 7. – М.:ВНИИПО, 1979. – С. 124 – 130.
28. Сорокин А.Н. Расчет огнестойкости железобетонных колонн с учетом полных деформаций бетона: В кн. Огнестойкость строительных конструкций: Сб. тр. Вып. 8. – М.:ВНИИПО, 1980. – С. 28 – 33.
29. Фомин С.Л., Стельмах О.А. Джафар Шакер Шахин. Огнестойкость центрально-сжатых железобетонных элементов / Сб. «Пожарная безопасность. Организационно-техническое обеспечение» ХИПБ МВД Украины. Харьков, 1996. – С. 78 – 81.
30. Фомин С.Л. Работа железобетонных конструкций при воздействии климатической, технологической и пожарной среды. Дис. ... доктора техн. наук: 05.23.01, 05.26.03. – Харьков, 1997. – 515с.
31. Фомін С.Л., Григор'ян Б.Б. Вогнестійкість залізобетонних конструкцій при реальному режимі пожежі // Будівництво України. – 2002. – № 3. – С. 33 – 36.
32. Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А. Бетон в условиях высокотемпературного нагрева // Ресурсосберегающие конструктивно - технологические решения зданий и сооружений: Сб. докл. Междунар. конф.

- “Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений”. – Ч. 6-7. – Белгород: Изд. БелГТАСМ. – 1997. – С. 91 – 95.
33. Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А. Теория теплообмена в пористых средах // Изв. ВУЗов. Строительство. 1998. – №1. – С. 111 – 116.
34. Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций / Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А., Берестянская С.Ю. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 40. – 97с.
35. Чихладзе Э.Д., Берестянская С.Ю. Напряженно-деформированное состояние элемента сталебетонной плиты при силовых и температурных воздействиях // Будівельні конструкції. Збірник наукових праць: Вип. 50, Київ: НДІБК, 1999. – С. 259 – 263.
36. Чихладзе Э.Д., Берестянська С.Ю. Розрахунок сталебетонних плит на силові та температурні впливи // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 42. – С. 96 – 100.
37. 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.
38. Чихладзе Э.Д., Берестянская С.Ю., Веревичева М.А. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях // Изв. ВУЗов. Строительство. – 2003. – № 11. – С. 119 – 123.
39. Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Математическая модель теплообмена в бетоне, подверженном высокотемпературному воздействию // Зб. наук. праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2004. - № 40(52). – С. 182 – 190.

40. Чихладзе Э.Д., Вереви́чева М.А., Жакин И.А. Расчет бетонных цилиндрических колонн в стальной обойме на силовые и температурные воздействия // Збірник наукових праць. – Київ, НДІБК, 2003. – Вип.59. – С. 318 – 326.
41. Ройтман В.М., Апостолов А.Т., Симонова Т.С. Результаты исследований тепло- и влагопереноса в строительных конструкциях, испытывающих интенсивное тепловое воздействие / Сб. тр. “Огнестойкость строительных конструкций”. – М.: ВНИИПО, вып. 1. – 1973. – С. 130 – 143.
42. Ройтман В.М., Зырина Т.Н. Решение теплотехнической задачи огнестойкости конструкций с учетом процессов влагопереноса на ЭВМ по конечно-разностной схеме / Сб. тр. “Огнестойкость строительных конструкций”. – М.: ВНИИПО. – 1974. – С. 58 – 71.
43. Лай Т.Т., Ален Д.Е. Расчет огнестойкости железобетонных колонн. 1973.
44. Лай Т.Т. Распределение температуры в колоннах зданий при пожаре. Тр. америк. об-ва инж.-механиков. Теплопередача.: «Мир», 1977. – №4.
45. Григорьян Б.Б. Нормирование требуемых пределов огнестойкости сжатых железобетонных колонн при реальном режиме пожара на экспериментальной основе // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2000. – №10 – С. 211 – 217.
46. Григорьян Б.Б. Огнестойкость сжатых железобетонных элементов при температурных режимах пожара, близких к реальным. Дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 2001. – 165с.
47. Демчина Б.Г., Кли́менко Ф.Є., Фіцик В.С. Результаты розв’язку температурної задачі вогнетривкості з використанням ПК КОЛДЕМ // Будівельні конструкції. – Київ, НДІБК. – Вип. 59, кн. 2. – 2003. – С. 118 – 123.
48. Демчина Б.Г. Вогнестійкість одно- і багатопарових просторових конструкцій житлових та громадських будівель. Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 2001.

49. Демчина Б.Г. та ін. Посібник з основ теорії горіння. – Львів: Вид. НУ “Львівська політехніка”, 2002. – 108с.
50. Демчина Б.Г. Нові підходи до розрахунку границь вогнетривкості будівельних конструкцій // Вісник КиївЗНДІСП. Конструкции гражданских зданий. – Київ: Вид. КиївЗНДІСП, 1999. – С. 59 – 64.
51. Демчина Б.Г. та ін. Розрахункова модель для визначення границі вогнетривкості плоских конструкцій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірка праць. Вип. 5. – Рівне: Вид. РДТУ, 2000. – С. 164 – 170.
52. Ребиндер П.А. и др. Физико-химические основы пищевых производств. М., 1952.
53. Ковалев С.А., Соловьев С.Л. Испарение и конденсация в тепловых трубах. – М.: Наука, 1981. – 111с.
54. Нигматуллин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Физматгиз, 1979. – 336с.
55. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1972. – 735с.
56. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1986. – 278с.
57. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 344с.
58. Чеховский Ю.В., Рейтлингер С.А. Механизм переноса газов и жидкостей через бетон и методы исследования структуры пор бетона. – М.: ВНИИСТ, 1961. – 65с.
59. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона: Пер. с англ. – М.: Госстройиздат, 1961. – 645с.
60. Чиркин В.С. Теплофизические свойства веществ. – М.: Физматгиз, 1959. – 359с.
61. Кондо Р., Даймон М. Фазовый состав затвердевшего цементного теста // Шестой Международный конгресс по химии цемента. - М., 1974.

62. Яшин А.В. Расчет и конструирование железобетонных конструкций. Бетон и железобетон / Тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1977. – Вып. 39. – С. 48 – 57.
63. Яшин А.В. Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций железобетон / Сб. тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1979. – С. 187 – 202.
64. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении. Бетон и железобетон. – 1986. – № 8. – С. 39-42.
65. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
66. Берг О.Я. Некоторые вопросы теории деформаций и прочности бетона // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1967. – № 10. – С.41 – 55.
67. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести. – М.: Стройиздат, 1975. – 432с.
68. Гвоздев А.А. Некоторые механические свойства бетона, существенно важные для строительной механики железобетонных конструкций // Исследования свойств бетонных и железобетонных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1959. – Вып. 4. – С. 3 – 10.
69. Разживин А.В. К расчету осесимметричных конструкций на температурные воздействия // Численные методы решения задач строительной механики транспортных сооружений. – М.: МИИТ, 1986. – Вып. 782. – С. 112 – 116.
70. Стороженко Л.И., Харченко С.А. Центрифугированные трубобетонные элементы с заполненной бетоном полостью средах // Изв. ВУЗов. Строительство. 1988. – №4. – С. 1 – 4.
71. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. – Киев: Будівельник, 1991. – 119с.
72. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – Киев: Будівельник, 1978. – 82с.

73. Стороженко Л.И., Плахотный П.И. Облегченные элементы из трубобетона. – Строительная механика и расчет сооружений. – 1986. - № 6. – С. 45 – 48.
74. Стороженко Л.И. Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием. Автореферат дис. ... докт. техн. наук. – М., 1985. – 46с.
75. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков, 1985. – 481 с.
76. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 30 – 31.
77. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Теория деформирования сталебетонных плит // Межвуз. сб. научн. тр. – Харьков: ХарГАЖТ, 1996. – Вып. 27. – С. 4 – 39.
78. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1993. – № 3. – С. 13 – 15.
79. 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.
80. 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.
81. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 218с.
82. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416с.

83. Карпенко Н.И., Клованич С.Ф. К учету температурных воздействий при расчете массивных железобетонных конструкций с трещинами // Строительная механика и расчет сооружений. – 1998. - № 2. – С. 6 – 11.
84. Карпенко Н.И., Клованич С.Ф. Термоползучесть бетона при некоторых режимах нагружения и нагрева // Строительная механика и расчет сооружений. – 1991. - № 5. – С. 58 – 66.
85. Kupfer H., Hilsdorf H., Rush H. Behavior of Concrete under biaxial Stresses // JACI. – 1969. – Vol. 66. – № 8. – p.p. 656 – 666.
86. 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.
87. 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.
88. Яременко А.Ф., Балдук П.Г. Механика материалов и конструкций. – Одесса: Внешрекламсервис, 2001. – 251с.
89. Яременко А.Ф., Мельник А.Д. Длительное деформирование железобетонных дисков с трещинами // Строительные конструкции. – Киев: Будівельник. – 1979. – Вып. 5. – С. 40 – 44.
90. Яременко А.Ф., Ганшенко В.С. Кратковременная и длительная прочность растянуто-сжатых дисков с трещинами // Бетон и железобетон. – 1986. - №12. – С. 23. – 24.
91. Яременко А.Ф. Построение диаграмм-изохрон, учитывающих ползучесть бетона при постоянных и линейно возрастающих во времени напряжениях // Строительные конструкции. – Киев: Будівельник. – 1990. – С. 77 – 82.
92. Молодченко Г.А. Закономерности нагрева железобетонных стен силовых горячим сыпучим материалом. Сб. «Новые решения в современных технологиях». Вестник ХГПУ. – Вып. 81. – Харьков, 2000. – С. 68 – 70.

93. Молодченко Г.А., Попельнух В.М. Метрология и стандартизация: Учебное пособие. МОН Украины, Харьков: ХГАГХ, 2001. – 78с.
94. Молодченко Г.А., Фомин С.Л. Огнестойкость силосов и силосных корпусов для хранения сыпучих материалов. Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Вып. 47. К.: Техника, 2003. – С. 72 – 76.
95. Молодченко Г.А. Учет нелинейного перепада температуры по толщине стен железобетонных силосов. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди / Збірник наукових праць. Вісник Рівенського держ. університету : Рівне, 1999. – Вип. 3. – С. 221 – 226.
96. Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. – Киев-Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 888с.
97. Шмуклер В.С. Об одной возможности определения несущей способности изгибаемых железобетонных элементов // Науковий вісник будівництва. – Х., 2000. – Вип. 9. – С. 63 – 69.
98. Городецкий А.С., Здоренко В.С. Расчет железобетонных балок-стенок с учетом образования трещин методом конечных элементов. В кн. «Сопротивление материалов и теория сооружений». – Вып. 27. – Киев: Будивельник, 1975. – С. 59 – 66.
99. Корсун В.И. Расчет конструкций на температурные и силовые воздействия с учетом неоднородности свойств материалов: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01. – Макеевка, 2004.
100. Левин В.М. Железобетонные башенные сооружения. – Макеевка: ДонГАСА, 1999, 29с.
101. Жуков В.В., Панюков Э.Ф. Термостойкость железобетонных конструкций. – К.: Будивельник, 1991. – 224с.
- 102.** Лучковский И.Я. Расчет железобетонных конструкций и сооружений с учетом нелинейности их взаимодействия с основанием: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 2000. – 421с.

103. Пермяков В.А., Белов И.Д. Центральнo - сжатые сталебетонные стержни кольцевого сечения // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1989. – № 9. – С. 10 – 13.
104. Гроздов В.Т., Теряник В.В. О прочности и деформативности колонн, усиленных обоймой // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1989. – №3.
105. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при неодносных наряженных состояниях. – М.: НИИЖБ, 1985. – 72с.
106. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 344с.
107. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. – Тбилиси: Мецниереба, 1979. – 230с.
108. Proceedings of the Fifth Internat. Symposium on the Chemistry of Cement (Токуо, 1965). Токуо, 1970.
109. Цилосани З.Н., Чиковани Х.С. К исследованию дисперсной структуры цементного камня // Коллоидный журнал. – 1963. – Т. 25, № 1. – С. 97 - 104.
110. Кауфман Б.Н. Теплопроводность строительных материалов. – М.: Гос. изд. лит. по строительству и архитектуре, 1955. – 159с.
111. Франчук А.У. Таблицы теплофизических показателей строительных материалов. – М.: Отд. информ.-изд. и патентно-лиценз. работы, 1969. – 142с.
112. Чиркин В.С. Теплофизические свойства веществ. – М.: Физматгиз, 1959. – 359с.
113. Теплофизические свойства веществ / Под ред. Варгафтика Н.Б. – М. – Л.: ГЭИ. – 1956. – 367с.
114. Брицке Э.В. Термические константы неорганических веществ. М.: Изд-во АН СССР. – 1949.
115. Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 417с.

116. Невский А.С. Лучистый теплообмен в печах и топках. – М.: Металлургия, 1971. – 440с.
117. Бушуев Н.С. Прочность и деформативность бетона на гранитном щебне при высоких температурах // Сб. тр. – М.: ВНИИПО, 1981. – С. 127 – 132.
118. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196с.
119. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001с.
120. СНиП 2.01.07 – 89*.
121. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. – М.: Высшая школа, 1990. – 207с.
122. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1989. – 616с.
123. Амен-Заде Ю.А. Теория упругости. – М.: Высшая школа, 1971. – 288с.
124. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – 576с.
125. Динник А.Н. Устойчивость упругих систем. – М., Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. – 183с.
126. Ройтман В.М., Демехин В.Н. Поведение асбестоцемента в условиях пожара: Сб. тр. Вып. 8. – М.:ВНИИПО, 1980. – С. 97 – 105.
127. ДБН В.2.3-7-2003. Споруди транспорту. Метрополітени. Київ: Держбуд України, 2003.
128. Дубровин Е.Н. и др. Пересечения в разных уровнях на городских магистралях. М.: Изд-во литературы по строительству, 1968.