

Харьковская национальная академия городского хозяйства

На правах рукописи

Хама Рахим Соран

УДК 539.3:539.4:539.6:624.012.45:620.17

ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
С ПОПЕРЕЧНОЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ АРМАТУРОЙ
ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ

05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

Диссертация на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
Рудаков В.Н., к.т.н, доцент

Харьков - 2008

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1.....	10
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ СЖАТЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	10
1.1. Поперечное армирование в виде сварных сеток.....	12
1.2. Поперечное армирование стальными пластинами.....	24
Выводы по разделу 1.....	34
РАЗДЕЛ 2.....	37
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ КОРОТКИХ СЖАТЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ.....	37
2.1. Изготовление и хранение опытных элементов.....	37
2.2. Подготовка и проведение экспериментальных исследований.....	44
2.3. Результаты испытаний бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных элементов при осевом сжатии.....	45
Выводы по разделу 2.....	60
РАЗДЕЛ 3.....	61
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ КОРОТКИХ СЖАТЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, АРМИРОВАННЫХ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ АРМАТУРОЙ, ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ.....	61
3.1. Использование инструментального метода и метода электротензометрии при проведении экспериментальных исследований.....	61
3.2. Особенности деформирования образцов.....	68
Выводы по разделу 3.....	82
РАЗДЕЛ 4.....	83

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ СЖАТЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, АРМИРОВАННЫХ ПРОДОЛЬНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ АРМАТУРОЙ.....	83
4.1.1. Основные теоретические предпосылки.....	88
4.1.2. Исследование работы квазилинейно-деформируемого поликристалла в гипотетической жесткой обойме.....	91
4.1.3. Разработка методики оценки работоспособности сжатой сталежелезобетонной конструкции, армированной продольной стержневой и поперечной тонколистовой арматурой с осевым технологическим отверстием	98
4.2. Обобщение критерия разрушения Райса – Черепанова для оценки прочности квазихрупкого поликристалла - тяжелого бетона и обработка экспериментальных данных в рамках полученных теоретических зависимостей.....	102
Выводы по разделу 4.....	117
РАЗДЕЛ 5.....	119
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ.....	119
5.1. Основные положения экономической оценки решений строительных проектов в Украине.....	119
5.2. Численные исследования экономической эффективности, полученных в диссертационных исследованиях, результатов.....	120
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	125
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	127
Приложение.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время в связи с ростом этажности зданий и увеличением пролетов, нагрузки на вертикальные несущие конструкции нижних уровней значительно возрастают. Особенно остро эта проблема касается колонн нижних этажей, воспринимающих очень большие нагрузки. Традиционные железобетонные конструкции колонн имеют ряд недостатков, - и, в частности, значительные размеры поперечных сечений, что в конечном счете значительно ухудшает объемно-планировочные решения зданий.

Сокращение размеров поперечного сечения колонн, достаточных для обеспечения их прочности и устойчивости, можно достичь несколькими способами:

- за счет усиления продольной арматуры (увеличения количества стержней и др.), что в свою очередь, делает затруднительным бетонирование несущих конструкций и обеспечение совместной работы арматуры и бетона;
- за счет улучшения механических свойств бетона, например, путем применения высокоактивных цементов, подбора оптимального состава бетона, внедрения передовой технологии приготовления и укладки бетона, (что лишь частично удастся реализовать на практике);
- повышением несущей способности за счет применения косвенного армирования (сварных сеток разной конструкции, спиралей, поперечных пластинок и др.), т. е. за счет преобразования простого напряженного состояния в объемное.

При расчете железобетонных элементов в нормативных документах учитывается эффективность применения косвенного армирования в виде сеток и спиралей, а другие виды армирования не рассматриваются. Более того, используемые формулы являются эмпирическими. Они учитывают эффективность косвенного армирования в зависимости от мощности стержней (сеток или спиралей). Условия объемного обжатия, например, или реальное физическое состояние бетона, которые создаются с помощью косвенного

армирования, в настоящее время действующими нормами не регламентируются. Актуальность исследований по конструированию, оценке и учету дополнительных резервов несущей способности сжатых сталежелезобетонных элементов за счет управления условиями объемно-напряженного состояния, представляется вполне обоснованной.

Связь с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в рамках научной темы «Дослідження та аналіз нових конструктивних рішень промислових і цивільних будівель з розробкою методів їх розрахунку», регистрационный номер 01017U011517. Личный вклад соискателя в объеме темы – исследование напряженно-деформированного состояния сжатых бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных элементов.

Цель диссертационной работы состоит в разработке схем армирования и метода расчёта прочности сжатого сталежелезобетонного стержня симметричного поперечного сечения с поперечной тонколистовой (толщиной листа $t = 1 \dots 2$ мм) арматурой.

Задачи исследований:

1 - проанализировать работу железобетонных и сталежелезобетонных колонн с косвенным армированием (сетками Некрасова и Гнедовского, спиралью Консидера, поперечными пластинами Шинке-Лезера и др.);

2 - разработать рабочие чертежи кассетных стальных форм для изготовления бетонных образцов и моделей бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных колонн из тяжелого бетона одного замеса;

3 - исследовать характер разрушения бетонных образцов одного состава при осевом сжатии (с трением по торцам), идентичных по площади поперечного сечения, но разной высоты с замером угла скольжения (разрушения) Φ ;

4 - опытным путем исследовать характер изменения коэффициента поперечной деформации ν тяжелого армированного и неармированного бетона при осевом сжатии от начала нагружения вплоть до разрушения образцов;

5 - исследовать опытным путём степень идентификации прочности конструкционного бетона класса В35 и В50 в составе сжатого сталежелезобетонного образца квадратного сечения при толщине пластинок $t_n=1,8$ мм и шаге $S^* = b; 2b/3; 0,5b$;

6 - по данным опытных исследований установить зависимость влияния на прочность сжатого сталежелезобетонного образца показателя сплошности поперечных пластин: сплошных по всей поверхности и с осевым отверстием диаметром $d_b = 0,4b$ и $0,5b$;

7- исследовать электротензометрическим методом уровень НДС поперечных пластин независимо от показателя сплошности на всём диапазоне нагружения;

8- разработать алгоритм расчета сталежелезобетонных колонн с учетом отмеченных особенностей работы бетона в составе сталежелезобетонной конструкции (СтЖБК);

9- произвести численные расчеты и сравнить экспериментальные данные с теоретическими результатами;

10- внедрить результаты исследований в практику проектирования и строительства, а также в учебный процесс. Оценить экономическую эффективность предлагаемой конструкции.

Объект исследований.

Бетонные, железобетонные и сталежелезобетонные колонны квадратного сечения.

Предмет исследований.

Напряженно - деформированное состояние сталежелезобетонных колонн квадратного сечения при осевом сжатии.

Методы исследований.

Экспериментальными методами найдены разрушающие нагрузки для коротких железобетонных образцов. Сочетанием аналитического и графоаналитического методов получено функциональное уравнение,

связывающее интенсивность напряжений σ_i с первым инвариантом тензора напряжений $I_1\sigma$ посредством тригонометрической функции угла скольжения Φ .

Научная новизна:

В части экспериментальных исследований получены данные про прочность:

- бетонных образцов квадратного сечения $b \times b = 150 \times 150$ (мм) и высотой $h=600$ мм; 150 мм, 100 мм и 75 мм, изготовленных из одного замеса тяжелого бетона класса В35 и В50;

- железобетонных образцов, армированных продольной стержневой 4 \emptyset 12 А400С и поперечной \emptyset 4 Вр-1 арматурой;

- сталежелезобетонных образцов, армированных продольной стержневой 4 \emptyset 12 А 400С и поперечной сплошной тонколистовой (толщиной листа $t=1,8$ мм) арматурой в сериях «А» и «В», и поперечной тонколистовой $t=1,8$ мм с осевыми отверстиями $d_{\text{вн}}=0,4b=60$ мм - серия «Б» и $d_{\text{вн}}=0,5 b =75$ мм - серия «Г».

Всего исследовано 96 образцов.

В теоретической части разработан функционал в рамках теории скольжения квазилинейной микрополяризованной среды (МПС) с привлечением и обобщением ряда важнейших свойств обыкновенной циклоиды на координатной плоскости $\sigma_0 S_3$, где S_3 - наименьшее девиаторное и σ_0 - гидростатическое напряжения, с началом координат в точке пересечения линии центров с производящим кругом радиусом $r = |S_3|$ в момент поворота круга на угол $\Phi=90^\circ$.

Практическое значение.

Полученные экспериментальные и теоретические данные подтверждают целесообразность проектирования сжатых элементов с применением косвенного армирования в виде тонколистовых пластинок. Это приводит к сокращению размеров поперечного сечения колонн нижних этажей производственных зданий и сооружений..

Внедрение. Результаты работы использованы при проектировании автовокзала, расположенного в городе Дияна в иракском Курдистане, и в учебном процессе ХНАГХ.

Личный вклад соискателя:

1 - проведен анализ литературных источников, посвященных экспериментальному и теоретическому исследованию сжатых железобетонных элементов с косвенной арматурой;

2 - разработаны рабочие чертежи кассетных стальных форм по изготовлению бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных моделей колонн квадратного сечения;

3 - разработана технология изготовления опытных бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных элементов;

4 – разработана методика проведения эксперимента с подготовкой и проведением тензометрических (механических и электрических) измерений параметров напряжённо-деформированного состояния поперечных пластин и бетона экспериментальных конструкций при осевом сжатии;

5 - экспериментально и теоретически исследован характер изменения коэффициента поперечной деформации сжатых бетонных образцов от начала нагружения и до конца их разрушения;

6 - проведена камеральная обработка результатов экспериментальных исследований;

7 - участие в разработке критериального уравнения закономерности связи интенсивности напряжения σ_i - второго инварианта девиатора напряжения в условиях цилиндрического напряженного состояния с первым инвариантом тензора напряжения на основе учета свойств циклоиды;

8 - осуществлено внедрение результатов диссертационной работы.

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

- Шостій науково-технічній конференції «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація» (м. Кривий Ріг, 2004 р.).

- VI Міжнародному симпозиуму «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій» (м. Ужгород, 2005 р.).

- Международной научно-практической конференции «Башенные сооружения: материалы, конструкции, технологии» (г. Макеевка, 2005 г.).

- XXXIV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. (Харьков, ХНАГХ, 2008).

Публикации. Основные положения диссертации и результаты исследований опубликованы в 8 печатных работах, 6 из которых входят в научные сборники, рекомендованные ВАК Украины, как «фахові видання».

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, основных выводов и списка литературы. Диссертация изложена на 145 страницах, включает в себя 119 страниц основного текста, 45 рисунка, 23 таблиц на 7 страницах, список литературы в составе 156 литературных источников на 15 страницах и 2 страницы приложения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Н. М. Изучение свойств бетона в обойме / Н. М. Абрамов СПб: Механич. лаборатория ин-та инженеров путей сообщения, 1907. - 109 с.
2. Альперина О. Н. Исследование сжатых железобетонных элементов с поперечным армированием / О. Н. Альперина // Труды ЦНИПС, Вып. 36, 1960. – С. 118-150.
3. Аметов Ю. Г. Несущая способность сталебетонных конструкций при длительных нагрузках / Ю. Г. Аметов // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 5-9 сентября 2005 г. Москва; т. 2. Секционные доклады. Секция «Железобетонные конструкции зданий и сооружений». - М.: НИИЖБ, 2005. – С. 291-299.
4. Ахвердов И. Н. К теории прочности хрупких тел / И. Н. Ахвердов, Л. К. Лукша // Докл. АН БССР, 1965, т.9, № 2. –С. 82-84.
5. Ахвердов И. Н. О характере разрушения бетона при различных напряженных состояниях / И. Н. Ахвердов, Л. К. Лукша // Бетон и железобетон, 1964, № 7. – С. 297-302.
6. Баженов Ю. М. Борис Григорьевич Скрамтаев и его роль в современном бетоноведении (1905-1966) / Ю. М. Баженов // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 5-9 сентября 2005г. Москва; т. 1. Пленарные доклады. - М.: Дипак, 2005. – С. 25-38.
7. Бакиров К. К. Несущая способность опытных железобетонных элементов прямоугольного сечения с косвенным армированием в виде сеток (при кратковременном действии нагрузок): автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / К. К. Бакиров. - М., 1976. - 20 с.

8. Баренблатт Г. И. Математическая теория равновесных трещин, образующихся при хрупком разрушении / Г. И. Баренблатт // ПМТФ. – 1961. - № 4. – С. 3 - 56.
9. Бачаров Н. А. Бетон повышенной прочности с суперпластификатором С-3 / Н. А. Бачаров, А. Ф. Ефимова, Г. Ф. Воевонова, Н. Б. Варенцова // Бетон и железобетон, 1980, № 6. – С. 18-19.
10. Беликов В. А. Исследование длительной прочности сжатых железобетонных элементов из высокопрочного бетона / В. А. Беликов, А. С. Зурабян // Труды НИИЖБ'а. Совершенствование железобетонных конструкций. Под ред. проф. А.П. Васильева, 1978, Вып. 27. – С. 5 – 26.
11. Белл Дж. Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел / Дж. Ф. Белл. - Т. I. - М.: Наука, 1984. - 596 с.
12. Белл Дж. Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел / Дж. Ф. Белл.- Т. II.-М.: Наука, 1984. - 431 с.
13. Беляев Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. –М. –Л.: ОГИЗ техн. -теор. литературы, 1945. -751 с.
14. Берг О. Я. Физические основы прочности бетона и железобетона / О. Я. Берг – М.: Госстройиздат, 1962. -96 с.
15. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01-84* . – М.: ЦИТП. Госстрой СССР. Госстроя СССР, 1989. – 80 с. – (Строительные нормы и правила СССР).
16. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: СП 52-101-2003. – М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России., 2004. –56 с. - (Строительные нормы и правила Российской федерации).
17. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СНиП 52-01-2003. – М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России, 2004. – 29 с. – (Строительные нормы и правила Российской федерации).

18. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-90. – М.: ЦИТП, Госстрой СССР. 1990. – 42 с. – (Государственный стандарт СССР).
19. Бетонні та залізобетонні конструкції. - Монолітні. ДБН Д.2.2–6– 99. Збірник 6. - К.: 2000. - 69 с. – (Національний стандарт України).
20. Бич П. М. Экспериментально – теоретические исследования критических характеристик бетона / П.М. Бич // Бетон и железобетон, 1987. - № 3. – С. 26-27.
21. Брудка Ян. Трубчатые стальные конструкции / Ян. Брудка; пер. с польск. – М.: Стройиздат, 1975. – 207 с.
22. Вахненко П. Ф. Эффект применения поперечного пластинчатого армирования в сжатых железобетонных элементах / П. Ф. Вахненко, Н. Н. Губий, С. И. Роговой // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1985. - № 2. – С. 129-132.
23. Вахненко П. Ф. Залізобетонні конструкції / П. Ф. Вахненко, А. М. Павліков та ін. – К.: Вища школа, 1999. – 508 с.
24. Виноградова О. Ф. Экспериментальные исследования центрально сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками нового типа / О. Ф. Виноградова // Сб. трудов ЛИИЖТ. Вып. 350, 1973. –С. 20-30.
25. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский – М., Наука, 1964. -872 с.
26. Гвоздев А. А. Некоторые вопросы методики исследований прочности и деформаций бетона и железобетонных конструкций. «Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций» / А. А. Гвоздев. Труды координационного совещания. АСИА СССР. НИИЖБ. Госстройиздат, 1962. –С. 5-19.

27. Гвоздев А. А. Расчет конструкций по предельным состояниям и нормы проектирования / А. А. Гвоздев // Сб. «Строительная механика и расчет сооружений». - №2, 1970. – С 9-11.
28. Гвоздев А. А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия / А. А. Гвоздев. - М.: Госстройиздат, 1949. - 280с.
29. Гвоздев А. А. Теория и расчет бетона в сплошной металлической обойме / Гвоздев А. А. // Отчет ЦНИИПС, – ч.1, 1933. - С. 39-56.
30. Гениев Г. А. Теория пластичности бетона и железобетона / Г. А. Гениев, В. Н. Киссюк, Г. А. Тюпин - М.: Стройиздат, 1974. - 316 с.
31. Гнедовский В. И. Косвенное армирование железобетонных конструкций / В. И. Гнедовский. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1981. – 128 с.
32. Гнедовский В. И. Новый способ расчета центрально сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками из колец и радиально расположенных стержней / В. И. Гнедовский // Сб. трудов ЛИИЖТ «Вопросы проектирования и эксплуатации мостов и тоннелей. Вып. 350, 1973. –С. 3-20.
33. Гольшев А. Б. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / А. Б. Гольшев, В. Я. Бачинский, В. П. Полищук, А. В. Харченко, И. В. Руденко / Под ред. А. Б. Гольшева –2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1990. –544 с.
34. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини / В. І. Гоц. Підручник. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб». К.: КНУБА, 2003. – 472 с.
35. Гринёва Н. В. Работа центрально-сжатых железобетонных элементов конструкций с косвенным армированием: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / Н. В. Гринёва. Всесоюз. заоч. инж.- строит. ин-т. -М., 1985. -23 с.

36. Губий Н. Н. Напряжённо-деформированное состояние, расчёт прочности и деформативности сжатых железобетонных элементов с косвенной пластинчатой и сетчатой арматурой: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / Н. Н. Губий. – К.: НИИСК, 1985. – 20 с.
37. Десов А. Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформации бетонов / А. Е. Десов // Структура, прочность и деформации бетонов / Под. ред. д. т. н. проф. А. Е. Десова НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1966, с. 238-251.
38. Довгальук В. И. Исследование работы центрально сжатых железобетонных колонн с косвенной и продольной арматурой / В. И. Довгальук // Бетон и железобетон, 1970. - № 11. –С. 33 – 35.
39. Залигер Р. Железобетон, его расчёт и проектирование / Р. Залигер. Пер. с немецкого. Изд-е 5-ое. – М.:Л.: ГНТИ, 1931. – 671 с.
40. Зурабян А. С. Исследование длительной прочности и деформативности высокопрочного бетона и элементов с поперечным армированием: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / А. С. Зурабян. – М.: 1975, НИИЖБ. – 21с.
41. Ильюшин А. А. Пластичность / А. А. Ильюшин. -Ч. 1. Упруго-пластические деформации. - М.: - Л.: ОТИЗ - Гостехиздат, 1948. – 376 с.
42. Карапетьянц М. Х. Строение вещества / М. Х. Карапетьянц, С. Ч. Дракин. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1978. -304 с.
43. Карпинский В. И. Бетон в предварительно напряженной спиральной обойме / В. И. Карпинский– М.: Оргтрансстрой, 1961. –183 с.
44. Касаткин Б. С. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Б. С. Касаткин, Л. М. Лобанов и др., справочные пособие. -К.: Наукова думка, 1981. -583 с.

45. Котлова Н. А. Несущая способность железобетонных колонн с косвенным армированием пластинами и высокопрочной продольной арматурой: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / Н. А. Котлова. – Свердловск, УПИ, 1984. – 24 с.
46. Коттон Ф. Основы неорганической химии / Ф. Коттон, Дж. Уйлкинсон. Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. -304 с.
47. Красинский Н. П. К определению полной диаграммы сжатия бетона / Н. П. Красинский // Совершенствование методов расчета и исследование новых типов железобетонных конструкций. – Л., 1987. – С. 92-97.
48. Крусь Ю. О. Моделювання зв'язку між напруженням і деформаціями центрально стисненого бетону при різних режимах його навантажування / Ю. О. Крусь, О. Ю. Крусь // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: Зб. наук. праць. – Вип. 25. – Одеса: Місто майстрів, 2007. – С. 186-196.
49. Кузнецов Г. Ф. Конструирование и расчёт основных элементов / Г. Ф. Кузнецов // Справочник проектировщика промышленных сооружений. Т. IV. Железобетонные конструкции. – М.- Л.: ОНТИ, 1935. – с. 68 – 115.
50. Курылло А. С. Исследование колонн с косвенной арматурой / А. С. Курылло. Научн. зап. Вып. XIX. сб. № 2. Х.: Изд-во Харьковск. гос. ун-та, 1954.
51. Курылло А. С. Результаты новых испытаний железобетонных колонн с косвенной арматурой / А. С. Курылло // Строительная промышленность, 1952, № 8. – С. 22 – 25.
52. Либовиц Г. Разрушение / Г. Либовиц // Математические основы теории разрушения. Т.2. Пер. с англ. - М.: Мир, 1975. – 764с.

53. Лобяк О. В. Экспериментальне дослідження роботи сталобетонного мембранного покриття з квадратним планом / О. В. Лобяк // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – Вип.. 45. – С. 128-135.
54. Лобяк А. В. Работа мембранного покрытия со стабилизацией стального листа бетонным слоем / А. В. Лобяк // Вісник ДонДАБА. – Вип. 2001-5(30). – С. 133-137.
55. Лукша Л. К. К теории прочности / Л. К. Лукша. Докл. АН БССР, 1963, т.7, № 5. -С. 301-304.
56. Лукша Л. К. Сжатые элементы с косвенной листовой арматурой / Л. К. Лукша, А. С. Мацкевич, А. И. Мордич // Бетон и железобетон, 1989. -№ 4. – С. 28-30.
57. Лукша Л. К. Прочность бетона при сложных напряженных состояниях / Л. К. Лукша // Структура, прочность и деформации бетонов. - М.: Стройиздат, 1966, с. 238-251.
58. Максвелл Дж. К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2-х т / Дж. К. Максвелл. Пер. с англ.– М.: Наука, 1989. – Т.1. – 410 с.; - Т.2. – 436 с.
59. Малинина Л. А. Бетоноведение: настоящее и будущее / Л. А. Малинина, В. Г. Батраков // Бетон и железобетон, 2003, № 4. – С. 2-6.
60. Мацкевич А. С. Прочность негибких сжатых железобетонных элементов с листовым косвенным армированием: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / А. С. Мацкевич– Минск: БПИ, 1989. – 19 с.
61. Мухамедиев Т. А. Расчет прочности сталежелезобетонных колонн с использованием деформационной модели / Т. А. Мухамедиев, О. И. Старчикова // Бетон и железобетон, 2006, № 4. –С. 18–21.
62. Нагакура С. Введение в квантовую химию / С. Нагакура, Т. Накадзима. Пер. с япон - М.: Мир, 1982.- 264 с.

63. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел / А. Надаи. Пер. с англ. -М.: ИЛ, 1954. -647 с.
64. Некрасов В. П. Новьйшіе приємы и задачи железобетонной техники / В. П. Некрасов // Зодчій, 1908, № 27. – С. 243-250.
65. Некрасов В. П. Метод косвенного вооружения бетона. Новый железобетон / В. П. Некрасов.-Ч. 1. –М.: Транспечать, 1925.- 258 с.
66. Нилов А. А. Стальные конструкции производственных зданий / А. А. Нилов, В. А. Пермяков, А. Я. Прицкер. Справочник. – К.: Будівельник, 1986. –272 с.
67. Новожилов В. В. Теория упругости / В. В. Новожилов. – М.: Судпроимизд, 1958. -370 с.
68. Нормы и технические условия проектирования железобетонных конструкций (Н и ТУ 3-48). М.: Госстройиздат, 1948. - 49 с. - (Нормы СССР).
69. Панасюк В. В. Основы механики разрушения / В. В. Панасюк, А. Е. Андрейкив, В. З. Партон. Т.1– К.: Наукова думка, 1988. – 488 с.
70. Писареко Г. С. Опір матеріалів / Г. С. Писареко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. –К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
71. Писаренко Г. С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Г. С. Писаренко, А. А. Лебедев. – К.: Наукова думка, 1976. -416 с.
72. Полинг Л. Общая химия / Л. Полинг. Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. 848 с.
73. Работнов Ю. Н. Введение в механику разрушения / Ю. Н. Работнов. - М.: Наука, 1987. - 80 с.
74. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. –М., Наука, 1979. -744 с.
75. Райс Дж. Математические методы в механике разрушения / Дж. Райс // Разрушение: Математические основы теории разрушения. – Т. 2. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. –С. 204 -335.

76. Расчет и конструирование комплексных несущих конструкций из стали и бетона. Eurocode 4: ENV 1994-1-1. – Перевод с нем. – Полтава: ПГТУ, 1997. – 180 с. - (Европейский стандарт)
77. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. Госстрой Украины, К., 2002. -39 с.
78. Рекомендации по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. –95с.
79. Росновский В. А. Трубобетон в мостостроении / В. А. Росновский– М.: Трансжелдориздат, 1963. – 110 с.
80. Росновский В. А. Исследование труб, заполненных бетоном / В. А. Росновский, А. Ф. Липатов // Железнодорожное строительство, 1952, № 11. -С. 24-29.
81. Рудаков В. Н. Влияние структурного фактора на процесс деформирования конструкционных металлов при простом нагружении / В. Н. Рудаков, Аль Сахвани Эйд // Коммунальное хозяйство городов. Вып. № 6. – К.: Техніка, -1996. -С. 4-9.
82. Рудаков В. Н. О прочности внецентренно-сжатого сталежелезобетонного элемента квадратного сечения обобщенной конструкции Лезера-Шинке / В. Н. Рудаков, Г. А. Молодченко, Рахим Соран // Науковий вісник будівництва. Вип. 41.- Харків: ХДТУБА, 2007. -С. 84-99.
83. Рудаков В. Н. Некоторые физические аспекты механики разрушения сжатых бетонных и сталебетонных конструкций / В. Н. Рудаков // Вісник ОДАБА. – Вип. 23. – Одеса: Місто майстрів, 2006. – С. 273-285.
84. Рудаков В. Н. Новые подходы к оценке несущей способности сжатого трубобетонного стержня / В. Н. Рудаков // Ресурсоекономні матеріали,

- конструкції, будівлі та споруди. -Вип. 7. - Рівне: РДТУ, 2001. – С. 183 – 198.
85. Рудаков В. Н. О механизме деформирования кристаллического (поликристаллического) квазиизотропного тела в рамках атомистического мировоззрения / В. Н. Рудаков // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. Зб. наук. праць. Вип. 6. За загальною ред. Й.Й. Лучка. – Львів: Каменяр, 2005. – С. 127-139.
86. Рудаков В. Н. О предельном состоянии стержневых композитных конструкций, работающих на сжатие / В. Н. Рудаков // Проблемы прочности, 1986, № 5. -С. 84-87.
87. Рудаков В. Н. Применение обобщенного критерия Ишлинского – Берга в расчетах трубобетонных конструкций / В. Н. Рудаков // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Зб. наук. статей. Вип. 5.- Кривий Ріг: КТУ, 2002. С. 299-304.
88. Рудаков В. Н. Исследование несущей способности сжатых сталежелезобетонных элементов, армированных продольной стержневой поперечной тонколистовой арматурой / В. Н. Рудаков, Рахим Соран // Коммунальное хозяйство городов. - Харків: ХГАГХ. Вып. 76.- Изд. «Техніка», 2007. -С. 33-49.
89. Рудаков В. Н. К расчёту прочности сжатых сталежелезобетонных конструкций, армированных продольной и косвенной арматурой / В. Н. Рудаков, Рахим Соран // Вісник Дон. НАБА 2005. – 8(56). – С. 30-37.
90. Рудаков В. Н. Расчёт сжатых сталежелезобетонных элементов с поперечной тонколистовой арматурой в рамках механики микрополяризованной среды / В. Н. Рудаков, Рахим Соран // Вісник Дон. НАБА 2006. – 5(61). – С. 37-44.

91. Рудаков В. Н. К применению энергетического критерия Райса-Черепанова для оценки прочности сталебетонных конструкций / В. Н. Рудаков, Рахим Соран, И. А. Стороженко // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. Зб. наук. праць. Вип. 6. За загальною ред.. Й.Й. Лучка. – Львів: Каменяр, 2005. – С. 120-126.
92. Рудаков В. Н., Управление надежности сжатых сталебетонных конструкций в рамках дискретной модели деформируемого тела / В. Н. Рудаков, Рахим Соран // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Зб. наук. статей. Вип.6.-Кривий Ріг: КТУ, 2004. С. 97-106.
93. Рудаков В. Н., Рахим Соран. Экспериментальные основы применимости энергетического I-интеграла (критерия Черепанова-Райса) к мелкозернистым и тяжелым бетонам при монотонном (безинерционном) нагружении / В. Н. Рудаков, Рахим Соран // XXXII научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. Ч. 1, строительство, архитектура, экология. Х.: 2004. – С. 10-11.
94. Рудаков В. Н. Физический критерий прочности квазиизотропного поликристаллического материала / В. Н. Рудаков // Будівельні конструкції. Вип.. 59. Кн. 1 – К.: НДІБК, 2003. – С. 216 – 225.
95. Руководство по подбору составов тяжёлого бетона / НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 103 с.
96. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлого бетона (без предварительного напряжения). - М.: Стройиздат, 1977. - 328 с.
97. Руководство по тензометрированию строительных конструкций и материалов / НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1971. –313 с.

98. Рутгерс В. Я. Теория прочности бетона при сжатии / В. Я. Рутгерс. – М.: Стойиздат, 1939. -78 с.
99. Салия Г. Ш. Бетонные конструкции с неметаллическим армированием / Г. Ш. Салия, А. Л. Шагин. - М.: Строиздат, 1990. – 144 с.
100. Салия Г. Ш. Новый класс стеклопластиковых конструкций / Г. Ш. Салия // Науковий вісник будівництва. – Вип. 9. – Х.: ХЛТУБА ХОТВ АБУ, 2000. – С. 101 – 106.
101. Санжаровский Р. С. Трубобетонные конструкции в строительстве / Р. С. Санжаровский // Промышленное строительство. -1979.- №5. – С. 22-23.
102. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. - М.: Главная ред. физ.-мат. лит. изд-ва «Наука», 1977. – 440 с.
103. Седов Л. И. Механика сплошной среды / Л. И. Седов.- Т. 1. - М.: Наука, 1983. - 528 с.
104. Семко О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій: Монографія / О. В. Семко. - Полтава: ПолтНТУ ім.. Юрія Кондратюка, 2004. - 320 с.
105. Скопенко В. В. Координаційна хімія / В. В. Скопенко, Л. І. Савранський. - К.: Либідь, 1997. - 336 с.
106. Скрамтаев Б. Г. Теория прочности бетона. Новые виды бетонов / Б. Г. Скрамтаев. – Х., 1934. -65 с.
107. Смирнов-Аляев Г. А. Сопротивление материалов пластическому деформированию / Г. А. Смирнов-Аляев. -Л.: Машиностроение, 1978. – 368 с.
108. Совершенствование железобетонных конструкций // Труды НИИЖБ'а. Вып. 27. Под редакцией д.т.н., проф. А.П. Васильева. – М.: Стройиздат, 1978. – 194 с.
109. Столяров Я. В. Введение в теорию железобетона / Я. В. Столяров. –М. - Л.: ГИСЛ, 1941. - 448 с.
110. Стороженко Л. І. Несучі трубобетонні конструкції для

- промислового будівництва / Л. І. Стороженко, В. Ф. Пенц, О. В. Семко // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. Зб. наук. статей. Вип. 6.- Кривий Ріг: КТУ, 2004. С. 123-129.
111. Тихомиров В. М. Рассказы о максимумах и минимумах / В. М. Тихомиров. –М., Наука, 1986. -192 с.
112. Узун И. А. Учет реальных диаграмм деформирования материалов в расчетах железобетонных конструкций / И. А. Узун // Бетон и железобетон, 1997, № 2. – С. 25-27.
113. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев. - М.: Наука, 1979. – 560 с.
114. Филин А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела / А. П. Филин. - М.: Наука, 1979, т. 1. – 560 с.
115. Филиппов Б. П. Исследование прочности и деформативности сжатых элементов с косвенным армированием: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.480 «Строительные конструкции» / Б. П. Филиппов. – М., 1973. –25 с.
116. Филоненко-Бородич М. М. Об условиях прочности материалов, обладающих различным сопротивлением растяжению и сжатию / М. М. Филоненко-Бородич. Инженерный сборник, 1954, т. 19. –С. 13-36.
117. Фомица Л. Н. Измерение напряжений в железобетонных конструкциях / Л. Н. Фомица, Р. А. Сумбатов. - К.: Будівельник, 1994. – 168 с.
118. Холмянский М. М. К механизму деформирования и разрушения бетона при сжатии и растяжении / М. М. Холмянский // Бетон и железобетон, 1989, № 9. – С. 25-26.
119. Черепанов Г. П. Инвариантные Г-интегралы и некоторые их приложения в механике / Г. П. Черепанов // Прикладная математика и механика, т.4, вып. 3, 1977. –С 399-412.
120. Черепанов Г. М. Механика разрушения / Г. П. Черепанов. - М.:

Наука, 1974. – 640 с.

121. Чистяков Е. А. Прочность и деформации сжатых элементов с косвенным армированием / Е. А. Чистяков, К. К. Бакиров // Новое о прочности железобетона. - М.: Стройиздат, 1977. -С. 47-60.
122. Чистяков Е. А. Изгиб и внецентренное сжатие коротких и гибких элементов / Е. А. Чистяков, В. А. Беликов // Бетон и железобетон, 1971, № 5. – С. 10-14.
123. Чистяков Е. А. Деформации внецентренно сжатых железобетонных элементов в стадии, близкой к разрушению / Е. А. Чистяков, С. С. Мамедов. Теория железобетона. Под ред. К.В. Михайлова и С.А. Дмитриева. – М.: Стройиздат, 1972. –С. 116 – 131.
124. Чихладзе Э. Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: автореф. дис. д-ра техн. наук. спец. 05.23.01 «Строительные конструкции» / Э. Д. Чихладзе. – М., 1989. – 34 с.
125. Шалимо М. А. Лабораторный практикум по технологии бетонных и железобетонных изделий: Учебное пособие / М. А. Шалимо. – Мн.: Высш. школа, 1987. – 196 с.
126. Шестой международный конгресс по химии цемента. Труды в 3 т. Под общей ред. А. С. Болдырева. Т. 1. Химия цементного клинкера. - М.: Стройиздат, 1976. -311 с.
127. Шестоперов С. В. Технология бетона / С. В. Шестоперов. -М.: Высш. школа, 1977.-432с.
128. Шехтар Р. С. Вариационный метод в инженерных расчетах / Р. С. Шехтар. Пер. с англ. – М.: Мир, 1971. - 291 с.
129. Шмуклер В. С. Трансформация внутренней геометрии конструкции при рационализации её параметров / В. С. Шмуклер // Юбилейные научные чтения по проблемам теории железобетона. ИПЦ МИКХиС, М., 2005. – С. 124-134.
130. Шушкевич В. А. Основы электротензометрии / В. А. Шушкевич.

- Минск: Высшая школа, 1975. – 351 с.
131. ACI: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-02) and Commentary (ACI 318RM-02). American Concrete Institute, metric version 2002. - 443 p. – (American Standard).
 132. ACI: Essential Requirements for Reinforced Concrete Buildings (for Buildings of Limited Size and Height, Based on ACI 318-02). American Concrete Institute, U. S. Customary Units 2002 EDITION. - 248 p. – (American Standard).
 133. Code of practice for design and construction. Part 1. BSI, London 2002. -164 p. – (British Standard).
 134. Considere M. Resistance a la compression du beton arme et du beton freitte/ M. Considere // Le Cenie Civil. – 1902. - N 152. –134 p.
 135. Design of concrete structures: Eurocode – Part 1: 2General rules for buildings, 1991. - 192 p. - (European Standard).
 136. Deutscher Beton – und Bautechnik Verein E. V. (Hesg.). Beispiele zur Bemessungen nach DIN 1045-1. Band 1: Hochbau 2. Ernst & Sohne, Berlin, 2005. – 350 S.
 137. Donald Taylor. Progressive Collapse / Donald Taylor. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 2, No. 4, December 1977, pp. 517-529.
 138. Erdogdu S. Compatibility of Superplasticizers with cement different in composition / Erdogdu S. Cement and Concrete Research S. No.30, 2000, pp. 767-773.
 139. Fischer A. Stahlbeton nach DIN 1045-1/ Fischer A., Kramp M., Prietz F., Rosler M. Ernst und Sohn, Berlin, 2003. - 407 S.
 140. Fred M. Hudson. Reinforced Concrete Columns: Effect of lateral Tie Spacing on Ultimate Strength / Fred M. Hudson. ACI Special Publication SP 13, American Concrete Institute 1966ю - pp. 235-244.
 141. Grünberg J. Diagramme für die gezielte Quaerschnittsbemessung bei Interaktion von Längskraft und Biegemoment nach DIN 1045-1 / Grünberg J., Klaus M. Beton und Stahlbeton, № 8, 2001. - S. 539-547.

142. Hanswille G. Bemessungen und konstruktionen nach DIN V 18800-5 und Eurocode 4 / Hanswille G., Schaefer M. Ernst und Sohn, Berlin, 2007. - 350 S.
143. Hsu T. C. Nonlinear Analysis of Concrete Membrane Elements / Hsu T. C. ACI Structural Journal, Vol. 88, No. 5, September-October 1991. - pp. 552-561.
144. Irwin G.R. Fracture strength relative to onset and arrest of crack propagation / Irwin G.R., Kies I.A. and Smith H.L.// Proc. Americ. Soc. Test. Mater., 1958/1959, 58. – Pp. 640-657.
145. James G. MacGregor. Design of Slender Columns-Revisited / James G. MacGregor. ACI Journal Proceedings, Vol. 90, No. 1, May-June 1993. - pp. 302-309.
146. Kirpatrick W. M. The Condition of Failure for Sands / Kirpatrick W. M. // Proc. 4th Int. Cons. On Soil Mech. And Founng. Eng., V.1, 1957. - pp. 172-178.
147. Orowan E.O. Fundamentals of brittle behavior of metals in “Fatigue and Fracture of Metals” / Orowan E.O. Wiley. N.-Y., 1950. – Pp. 139-167.
148. Osman Burkan Isgor. Analysis and Design of Reinforced Concrete Shell Elements / Osman Burkan Isgor. Applied Image Inc. USA, 1997. - 215 p.
149. P. H. Ziehl. Investigation of Minimum Longitudinal Reinforcements for Concrete Columns Using Present-Day Construction Materials / P. H. Ziehl, J. E. Cloyd and Michael E. Kreger. ACI Structural Journal, Vol. 101, No. 2, March-April 2004. - pp. 165-175.
150. Seim W. Bewertung und Verstärkung von Stahlbetontragwerken / Seim W. Ernst und Sohn, Berlin, 2007. -293 S.
151. Shmukler V.S. Rationalization of Trailing Wall Parameters / Shmukler V.S., Mohamad, K.F.S. // Proceedings of the 2th International Congress FIB, Naples, Italy, 2006. – pp. 112-129.

152. Stephen J. Foster. Design of Reinforced Concrete Solids Using Stress Analysis / Stephen J. Foster, Peter Marti, Nebojsa Mojsilovic. ACI Structural Journal / November-December 2003. – P 758-764.
153. S. Unnikrishna Pillai. Reinforced Concrete Design / S. Unnikrishna Pillai, Devdas Menon. Tata McGraw-Hill Publishing. New Delhi, 1998. - 761 p.
154. Tremel H. Beton – Stahlbeton – Spannbeton: Berechnung und Konstruktion / Tremel H., Gerstner H. Verlag für Bauwesen, Berlin, 1985. - 433 S.
155. Tyler G. Hicks. Civil Engineering Formulas / Tyler G. Hicks. McGraw-Hill Publishing. New-York, 2002. - 461 p.
156. W. H. Mosley. Reinforced concrete design to EuroCode 2 (EC2) / W. H. Mosley, R. Hulse, J. H. Bungey. Macmillan, Basingstoke, 1996. - 426 p.