Федеральное агентство по образованию ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ Самарский Государственный Архитектурно - Строительный Университет

На правах рукописи



Козлов Александр Вячеславович

**Модель деформирования бетона для расчета с единых позиций нормально армированных и переармированных изгибаемых железобетонных элементов**

1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Научный руководитель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

доктор технических наук, член - корреспондент РААСН профессор Мурашкин Г.В.

Самара - 2005

**Содержание**

**Введение 4**

1. [**СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 10**](#bookmark1)
   1. Применение и совершенствование диаграмм деформирования бетона 10
   2. Учет влияния временного фактора и свойств ползучести

бетона 24

■ 1.3 Выводы по главе, цели и задачи исследования 39

1. **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ . 40**
   1. Методика проведения анализа 40
   2. Результаты проведения анализа 45
   3. Методика проведения экспериментальных исследований 53
      1. Конструкция образцов 53
      2. Опалубка 54
      3. Порядок изготовления образцов 54
      4. Характеристики материалов 54
      5. Установка для испытаний и контрольно - измерительные

приборы 56

* + 1. Испытания опытных образцов 58
  1. Теоретические и поверочные расчеты 58
     1. Расчет несущей способности образца 58
  2. Методика проверки адекватности принятой модели деформирования бетона 65
  3. Выводы по главе 68

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 69

Выводы по главе 90

1. УЧЕТ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ В УРАВНЕНИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА 91

Выводы по главе 97

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ 98

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 100

Введение

Современные методы расчета инженерных сооружений развиваются в основном по пяти главным направлениям [68]:

1. максимальное приближение расчетной схемы к действительной работе конструкции;
2. учет пространственного характера работы сооружений;
3. стремление к расчету конструкции на всех стадиях, т.е. к выявлению как напряженности и деформативности в эксплуатационной стадии, так и несущей способности;
4. учет специфики материала, ее влияния на несущую способность и напряженно -деформированное состояние конструкции;
5. приведение методов расчета к требованиям вычислительной техники, наиболее рациональное и широкое ее использование.

Для конструкций из железобетона, материала с достаточно специфическими свойствами, особое значение приобретает четвертое направление развития методов расчета железобетона.

Применяемый в настоящее время расчет по предельным состояниям позволяет обходиться, по крайней мере, в явной форме, без знания закона деформирования бетона. В то же время, для статически неопределимых конструкций без условия деформирования материалов решить задачи определения усилий, определить перемещения, прогибы практически не представляется возможным. Знание математической модели деформирования бетона позволило бы уточнить и расчет статически определимых конструкций, в первую очередь там, где разрушение происходит по бетону, например в переармированных изгибаемых элементах, в элементах из высокопрочного бетона [105,107,108]. В работе [23] показано, что “при высоких марках бетона назначение прямоугольного очертания эпюры не обеспечивает удовлетворительного совпадения опытных и теоретических результатов”.

Представляется актуальным, при условиях высокого оснащения проектных и исследовательских организаций компьютерной техникой, определить наиболее физически обоснованную модель деформирования бетона для создания, в первую очередь, единого подхода к расчету нормально армированных и переармированных изгибаемых элементов, особенно из высокопрочного бетона.

Следовательно, в условиях тенденции постоянного роста прочности применяемого бетона, задача определения физически обоснованного варианта кривой деформирования выглядит особенно актуальной.

Также выбор обоснованной модели деформирования бетона позволит исследователям и экспертам сопоставлять результаты экспериментальных данных с теоретическими на всех этапах нагружения конструкции, т.е. даст развитие третьему направлению методов расчета. В данной работе проведен сравнительный анализ существующих предложений по кривым деформирования и обоснован выбор наиболее приемлемого варианта, отвечающего требованиям третьего, четвертого и пятого направлений методов расчета; обоснован и экспериментально подтвержден модернизированный автором алгоритм расчета [79] изгибаемого элемента на всех стадиях загружения с применением принятой полной диаграммы деформирования материала, учитывающую ниспадающую ветвь [77,78].

Однако специфика бетона как материала обуславливает характерную для него способность деформироваться во времени даже при постоянной нагрузке. Это свойство бетона называется ползучестью. На него обратили внимание с самого начала изучения железобетона, с конца 19 века.

В последние годы актуальность учета длительных процессов возрастает в связи с применением облегченных конструкций, уточнением и уменьшением завышенных коэффициентов запаса по прочности и деформативности, а также в связи с расширением видов применяемых бетонов, имеющих различные деформативные свойства. .

В этих условиях крайне актуальной задачей становится умение воздействовать на деформативность бетона, или хотя бы правильно учитывать ее при проектировании, для создания конструкций, удовлетворяющих эксплуатационным и экономическим требованиям. В настоящей работе предложен способ учета временного фактора в принятой полной диаграмме деформирования бетона [77].

Этим объясняется актуальность работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по работе и списка использованной литературы.

В первой главе дан краткий обзор существующих предложений по аналитическому описанию кривой деформирования бетона, показаны достоинства и недостатки сделанных предложений, проведен их сравнительный анализ по разработанной методике, обоснован выбор принятой диаграммы деформирования [77] при мгновенном загружении.

В первых предложениях, относящихся к началу прошлого века, вообще не вскрывался физический смысл явления, а лишь преследовалась цель внешне описать кривую деформирования, причем учитывалась лишь восходящая ее часть. Эти уравнения не дают удовлетворительного согласования с экспериментальными данными при уровнях загружения, близких к предельной нагрузке. Более поздние предложения имеют в основе физические представления о работе материала, имеют вполне удовлетворительное согласование с экспериментальными данными. Однако зачастую взятые за основу физические модели работы бетона не точны, а само уравнение деформирования бетона имеет сложный математический вид с большим количеством эмпирических коэффициентов.

Принятое уравнение [77] помимо относительно простого математического выражения, имеет удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными. Все коэффициенты принятой зависимости находятся исходя из расчетных предпосылок действующих Норм [84,93,95], а также физических представлений о работе бетона.

Далее, в первой главе дан краткий обзор мнений различных исследователей на природу ползучести бетона и краткий обзор существующих вариантов линейной ползучести, описан вариант нелинейной теории ползучести.

Для всех вариантов линейной теории ползучести принимают следующие предпосылки:

* бетон представляет собой однородный материал;
* между начальными напряжениями и вызываемыми ими мгновенными деформациями существует линейная зависимость;
* между напряжениями и деформациями ползучести также существует линейная зависимость;
* принцип суперпозиции действителен как для упругих мгновенных деформаций, так и для деформаций ползучести;
* процесс ползучести при растяжении протекает аналогично процессу ползучести при сжатии.

Варианты различаются между собой тем, как выражены законы изменения во времени модуля упругости бетона Ет и меры ползучести С,)Х. Основными вариантами линейной теории ползучести являются:

* теория упруго - ползучего тела или наследственная теория старения;
* теория упругой наследственности;
* теория старения.

В нелинейной теории ползучести приняты те же допущения, что и для линейной теории, кроме третьего - между начальными напряжениями и вызываемыми ими мгновенными деформациями в нелинейной теории ползучести не существует линейной зависимости.

Во второй главе приведена методика проведения испытаний изгибаемых железобетонных балок при кратковременном загружении. Цель проведения экспериментальных исследований изгибаемых железобетонных элементов состоит в получении данных для сопоставления опытно получаемых и теоретически рассчитанных величин при кратковременном загружении и подтверждения адекватности принятой аналитической зависимости “напряжения - деформации”.

Теоретические значения величин изгибающих моментов и напряжений образца определялись согласно принятой расчетной модели и модернизированному автором алгоритму в системе MathCAD[79], модернизированного автором.

Для экспериментальных исследований было выполнено 3 серии образцов, отличающихся величиной прочности бетона. Общее число образцов - 23 шт.

С расчетной точки зрения опытные образцы представляют собой однопролетные, шарнирно - опертые, статически определимые балки.

В процессе испытаний на всех этапах загружения фиксировались деформации растянутой нижней продольной арматуры.

Для проверки адекватности принятой модели сравнивались напряжения в арматуре, полученные экспериментально, умножением измеренных в ходе опыта деформаций арматурного стержня, на модуль упругости стали и вычисленные теоретически с помощью принятого алгоритма.

В третьей главе приведены результаты испытаний железобетонных образцов при кратковременном загружении, а также сопоставление опытных и теоретических величин напряжений в арматуре и несущей способности. Достоверность полученных результатов проверялась при помощи критерия Фишера для каждой группы образцов. Результаты сопоставления напряжений в арматуре показали хорошую сходимость экспериментальных и теоретических значений. Также производился теоретический расчет с применением принятого алгоритма соответствующих образцов по прочности, испытанных А.А. Гвоздевым, О.М. Донченко, Н.Ф.Давыдовым и результаты сравнивались с опытными величинами. Результаты сопоставления также показали хорошую их сходимость.

В четвертой главе предложен способ учета фактора времени в построении принятой диаграммы деформирования бетона для любого момента времени t. Смысл предложения заключается во введении вместо предельных значений предела прочности бетона и значения предельной деформации сжатия бетона функций снижение прочности бетона при длительном действии нагрузки по сравнению с кратковременным ее действием и функции роста неупругих деформаций в вершине диаграммы. Сопоставление данного предложения с опытными данными показало практически полное их совпадение.

Научную новизну работы составляют:

* методика анализа диаграмм деформирования бетона;
* усовершенствованный алгоритм расчета изгибаемых железобетонных элементов с учетом диаграммы деформирования бетона;
* результаты экспериментального исследования железобетонных балок при кратковременном нагружении;
* уточненная диаграмма деформирования бетона с учетом длительных процессов.

Практическая ценность работы заключается в возможности

применения полной диаграммы деформирования бетона в расчетах изгибаемых железобетонных элементов как при кратковременном

загружении, так и с учетом длительных процессов, а также позволяет выйти на расчет конструкций по деформативности.

На защиту выносятся:

* усовершенствованный алгоритм расчета изгибаемых железобетонных элементов;
* результаты экспериментального и теоретического исследования изгибаемых железобетонных элементов при кратковременном загружении;
* способ учета фактора времени в диаграмме деформирования бетона.

По основным результатам исследований опубликовано 7 печатных работ.

Выводы и рекомендации

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали:

1. В настоящее время в различных странах различными школами делаются попытки разработать приемлемую для практического применения математическую модель деформирования бетона. В некоторых нормах (ЕКБ, отечественных и др.) такие предложения даны.
2. Анализ предложений показал, что наиболее приемлемый вариант для практического применения по простоте математического описания, соответствию физических представлений о работе материала и точности аппроксимации является экспоненциальный закон деформирования с определением параметров по физическим величинам - прочности бетона, модулю упругости бетона и т.д.
3. Использование модернизированного закона деформирования позволил создать методику расчета изгибаемых элементов на всех стадиях работы, при этом предельное значение оказалось сопоставимым с расчетом предельного значения по действующим Нормам (расхождение не превышает 0.5%).
4. Для подтверждения возможности определения напряженно - деформированного состояния на различных стадиях работы элемента была разработана методика проведения эксперимента и были проведены непосредственно экспериментальные исследования.
5. Экспериментальные исследования показали, что напряжения в арматуре, полученные в результате испытаний, соответствуют теоретическим значениям. Достоверность соответствия определена с использованием критерия Фишера, фактическое значение которого не превышает его критического значения, при

котором соответствие не является достоверным. Расхождение, скорее всего, вызвано погрешностью измерений.

1. По результатам определения несущей способности также можно сделать вывод о соответствии опытных и теоретических значений. Расхождение не превышает 3,5%.
2. Разработанная методика позволяет ввести в расчет конструкций фактор времени, но в режимном загружении
3. Примененная методика позволяет выйти на расчет конструкций по 2-й группе предельных состояний.

Список литературы

1. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных

конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести//Москва, Стройиздат, 1973 г.

1. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных

конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести)//Стройиздат, 1966г.

1. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных

конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести)//Стройиздат, 1973г.

1. Александровский С.В. Попкова О.М. Нелинейные деформации бетона при сложных режимах загружения // Бетон и железобетон, 1971г., №1.
2. Александровский С.В. Багрий В.Я., Ползучесть бетона при периодических воздействиях, Стройиздат, 1964 г.
3. Александровский С.В. О наследственных функциях теории ползучести стареющего бетона // Ползучесть строительных материалов и конструкций. Стройиздат, 1964г.
4. Александровский С.В. О разновидностях современной теории ползучести бетона и наследственных функциях, фигурирующих в их уравнениях // Ползучесть строительных материалов и конструкций, Стройиздат, 1964г.
5. Александровский С.В., Колесников Н.А. Нелинейная ползучесть при ступенчато изменяющихся напряжениях // Бетон и железобетон, 1971г., №**6**.
6. Арутюнян Н.Х. Напряжения и деформации в бетонных массивах с учетом ползучести бетона // доклады АН АрмССР, 1947г., №5, с.203 - 209.
7. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести // Москва - Ленинград, Гостехтеориздат, 1952г.

П.Арутюнян Н.Х. О теории ползучести для неоднородно наследственно стареющих тел // Доклады АНСССР, 1976г. №3, с.569 -571.

1. Арутюнян Н.Х. Зевин А.А. Об одном классе ядер ползучести стареющих материалов // Прикладная механика, 1982г., т.18, с. 14 - 21.
2. Арутюнян Н.Х. Колмановский В.Б. Теория ползучести неоднородных тел // Москва, Наука, 1983г.
3. Арутюнян Н.Х., Зевин А.А. Расчет строительных конструкций с учетом ползучести // Москва, Стройиздат, 1988г.
4. Байков В.Н., Поздеев В.М. Определение напряженно - деформированного состояния железобетонных балок в предельной стадии по неупругим зависимостям “напряжение - деформация” бетона и арматуры // Известия Вузов. Строительство., 1985 г., №1.
5. Бамбура А.Н. К оценке прочности железобетонных конструкций на основе деформационного подхода и реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры // Бетон на рубеже Зего тысячелетия, 1ая всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона: секционные доклады, 2ая книга, Москва, 2001г., с.750 - 757.
6. Бамбура А.Н. Диаграмма “напряжения - деформации” для бетона при центральном сжатии // в сб. Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости железобетона, Ростов, РИСИ, 1980 г., с. 19 - 22.
7. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона //Госстройиздат, 1961г.
8. Берг *О.Я.* Некоторые физические обоснования теории прочности бетона // Теория расчета и конструирования железобетонных конструкций, Москва, Госстройиздат, 1959г.
9. Берг О.Я. Исследования мостовых железобетонных конструкций // Трансжелдориздат, 1956г.
10. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона// Москва, Стройиздат, 1982 г.
11. Бондаренко В.М. Иванюк В.А. Фрагменты теории силового сопротивления бетона, поврежденного коррозией // Бетон и железобетон, 2003г., №5, с.21 - 23.
12. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона// издательство Харьковского университета, 1968 г.
13. Бронштейн И.Н. Семендяев И.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов // Москва, Наука, 1981г.
14. Бушков В.А. Железобетонные конструкции. Часть 1. Стройиздат Наркомстроя 1940 г.
15. Васильев П.И. Некоторые вопросы пластических деформаций бетона // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, т.49, Ленинград, 1953 г.
16. Васильев П.И. Связь между напряжениями и деформациями в бетоне при сжатии с учетомвлияния времени // Известия ВНИИГ, т.45, 1951г.
17. Васильев П.И. Некоторые вопросы пластических деформаций бетона // Известия ВНИИГ, т.49, 1953г.
18. Васильев П.И. Влияние старения бетона на вид кривых ползучести // Известия ВНИИГ , 1953г., т.57, с.129 - 134.
19. Васильев П.И., Гаврилин Б.А., Малькевич А.Б. Вопросы развития теории деформирования стареющих сред // Исследования по теоретическим основам расчета строительных конструкций, Ленинград, ЛИСИ, 1983г. с. 122- 126.
20. Гвоздев А.А. О некоторых направлениях в теории деформирования и длительной прочности бетона // в кн. Прочностные и деформативные характеристики элементов бетонных и железобетонных конструкций, Москва, 1981г.
21. Гвоздев А.А. К вопросу о состоянии бетона при высоких сжимающих ■ напряжениях // в сб. Строительная механика и расчет сооружений,

1977г., №3.

1. Гвоздев А.А. Шубин А.В., Жумагулов Е.Ш. Об учете накопления повреждений структуры бетона при вычислении деформаций ползучести, включая псевдопластические // Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных предельных состояниях, Москва, НИИЖБ, 1982 г.
2. Гвоздев А.А. Глаустов К.З. Яшин А.В. Об уточнении теорий линейной ползучести бетона // Инженерный журнал. Механика твердого тела, №6, 1967 г.
3. Гвоздев А.А. Ползучесть бетона и пути ее исследования // Исследование прочности, пластичности и ползучести строительных материалов, Стройиздат, 1955г.
4. Гвоздев А.А. Некоторые особенности деформирования бетона и теория ползучести // в кн. Ползучесть строительных материалов и конструкций, Стройиздат, 1964 г.
5. Гвоздев А.А., Александровский С.В., Багрий Э.Я. Ползучесть бетона при изменяющихся во времени напряжениях // Бетон и железобетон, 1965г., №7.
6. Гвоздев А.А., Яшин А.В., Глаустов К.З. К вопросу об уточнении линейной ползучести бетона // в сб. Особенности деформаций бетона и железобетона и использование ЭВМ для оценки их влияния на поведение конструкции, Москва, Стройиздат, 1969г.
7. Глаустов К.З., Гвоздев А.А. К вопросу о нелинейной теории ползучести бетона при одноосном сжатии // Известия АН СССР. Механика твердого тела, 1972 г., №1.
8. ГОСТ 10180 - 90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам // Москва, 1990г.
9. ГОСТ 18105 - 86 Бетоны. Правила контроля прочности // Москва, 1987 г.
10. ГОСТ 18100-85 Сталь арматурная Методы испытания на растяжение
11. Голышев А.Б., Реминец Г.М., Федоренко М.М. К расчету сборно - монолитных неразрезных конструкций с учетом фактора времени // в сб. Строительные конструкции, вып. 10, Киев, 1968г.
12. Голышев А.Б., Реминец Г.М., Федоренко М.М. Расчет предварительно напряженных сборно - монолитных неразрезных конструкций с учетом длительных процессов // в сб. железобетонные конструкции, Челябинское книжное издательство, 1969г.
13. Голышев А.Б., Полищук В.П. Колпаков Ю.А. Расчет сборно - монолитных конструкций с учетом фактора времени // Киев, 1970г.
14. Голышев А.Б. Барашиков А .Я. К расчету статически неопределимых железобетонных конструкций на переменные нагрузки с учетом ползучести бетона // Известия Вузов. Строительство, 1972г., №9.
15. Голышев А.Б., Полищук В.П. Руденко И.В. Расчет железобетонных стержневых конструкций с учетом фактора времени // Киев, 1975г.
16. Гуща Ю.П., Лемыш Л.Л. К вопросу о совершенствовании расчета деформаций железобетонных элементов // Напряженно - деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций: сборник научных трудов, под ред. Крылова С.М., Мухамедиева Т.А., Москва, НИИЖБ Госстроя СССР, 1986 г., с.26 - 39.
17. Гуща Ю.П., Лемыш Л.Л. Расчет деформаций конструкций на всех стадиях при кратковременном и длительном загружении // Бетон и железобетон, 1985 г., №11, с.13-16.
18. Давыдов Н.Ф. Лукьяненков Б.А. Характерные особенности развития деформаций бетона и аппроксимирование его зависимостей// Исследования прочности и деформативности сборно - монолитных конструкций при различных режимах нагружения: межвузовский сборник. Казань, КХТИ, 1984 г.
19. Карапетян К.С. Ползучесть бетона при высоких напряжениях // Известия АН АрмССР, серия физико - математических, естественных и технических наук, т.6, 1953 г. №2.
20. Карапетян К.С. Ползучесть бетонов при кручении // Ползучесть строительных материалов и конструкций, Стройиздат, 1964г. .
21. Карапетян К.С. Влияние анизотропии на ползучесть бетона при сжатии и растяжении в зависимости от величины напряжения // Доклады АН АрмССР, т.36, 1964г., №1.
22. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т. А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно - деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций: сборник научных трудов, под ред. Крылова С.М., Мухамедиева Т.А., Москва, НИИЖБ Госстроя СССР, 1986 г.,с.7 - 25.
23. Карпенко Н.И. К построению обобщенной зависимости для диаграммы деформирования бетона // Строительные конструкции, Минск, 1983 г.
24. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.Д., Сапожников М.А. К построению методики расчета стержневых элементов на основе диаграмм деформирования материалов // в сб. Совершенствование методов расчета статически неопредилимых железобетонных конструкций, Москва, НИИЖБ, 1987г., с.4 - 24.
25. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона // Москва, Стройиздат, 1996 г.
26. Кодекс - образец ЕКД -ФИП для норм по железобетонным конструкциям, том 2, Москва, 1984 г.
27. Козлов А.В. Мурашкин Г.В. Расчет изгибаемых железобетонных элементов с применением диаграмм деформирования // Известия ТулГУ/ Технология, механика и долговечность строительных материалов, конструкций и сооружений. Москва - Тула, ТулГУ, 2001г., вып.2.
28. Козлов А.В., Мурашкин В.Г. Расчет изгибаемых железобетонных элементов с применением диаграммы деформирования // Актуальные проблемы современного строительства: материалы Всероссийской XXXI научно-технической конференции. ПГАСА. Пенза, 2001г.
29. Козлов A.B. Обобщенный метод расчета железобетонных конструкций с применением физически обоснованных диаграмм деформирования бетона и стали // Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: тезисы докладов 20 конференции, СамГАСА, Самара, 2001г.
30. Козлов А.В. Расчет несущей способности изгибаемых элементов с учетом нелинейности // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика.: материалы региональной
31. научно - технической конференции, СамГАСА, Самара, 2002г.
32. Козлов А.В. Расчет изгибаемых элементов с учетом нелинейности // Образование, наука, призводство: сборник тезисов докладов

Международного форума. БелГТАСМ, Белгород, 2002г.

1. Козлов А.В. Расчет нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом физически обоснованной диаграммы деформирования бетона // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика.: материалы региональной
2. научно-технической конференции, СамГАСА, Самара, 2003г.
3. Козлов А.В. Современное состояние теории ползучести бетона // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика.: материалы региональной 61 научно - технической конференции, СамГАСА, Самара, 2004г.
4. Колчунов В.И., Никулин А.И. Расчетная модель для определения трещиностойкости составных железобетонных балок с податливым швом сдвига // Известия Вузов. Строительство, 2000г., №10, с.8 - 13.
5. Лермит Р. Проблемы технологии бетона // Москва, Госстройиздат, 1959 г.
6. Лившиц Я.Д. Расчет железобетонных конструкций с учетом влияния усадки и ползучести бетона// Киев, “Вища школа”, 1976 г.
7. Лычев А.С. Вероятностные методы расчета строительных элементов и систем: учебное пособие // СамГАСА, Самара, 1995г.
8. Маилян Д.Р. Влияние армирования и эксцентриситета сжимающего усилия на деформативность бетона и характер диаграммы сжатия // в кн. Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости железобетона, Ростов-на-Дону, 1979г., с.70- 82.
9. Малмейстер А.К. Упругость и неупругость бетона // Издательство АН ЛатвССР, 1957 г.
10. Маслов Г.Н. Температурные напряжения и деформации бетонных массивов на основах теории упругости // Известия ВНИИГ, т. 13, 1934 г.
11. Михайлов В.В. Предварительно - напряженные железобетонные конструкции // Москва, Стройиздат, 1978г.
12. Михайлов В.В. Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона // Бетон и железобетон, 1993 г., №3, с. 26 - 27.
13. Михайлов В.В., Емельянов М.П., Доладов Л.С., Митасов В.М. Некоторые предложения по описанию диаграммы деформаций бетона при загружении // Известия Вузов. Строительство, 1983г., №2, с. 23 -

27.

1. Моргунов М.В. Деформирование и разрушение железобетонных балочных конструкций при переменном положении нагрузки и внезапных повреждениях // Автореферат дисс. на соискание уч. степени кандидата технических наук, Орел, ОрелГТУ, 2005 г.
2. Мурашкин Г.В., Мурашкин В.Г. Моделирование диаграммы деформирования бетона и схемы напряженно - деформированного состояния //Известия Вузов. Строительство, 1997 г., №10.
3. Мурашкин Г.В., Алешин А.Н., Гимадетдинов К.И. Тяжело нагруженные полы из бетона, твердеющего под давлением // Известия Вузов. Строительство, 1995 г., №2.
4. Мурашкин В.Г. Совершенствование конструкции стыка колонны и перекрытия в монолитном безбалочном каркасе // диссертация на соискание уч. степени кандидата технических наук, Самара, СамГАСА, 2002 г.
5. Невилль А.М. Свойства бетона // Издательство литературы по строительству, Москва, 1972 г.
6. Николаев B.JI. К вопросу о физической природе ползучести бетона // в кн. Исследования мостовых и тоннельных конструкций, Трансжелдориздат, 1958г.
7. Остапенко А.Ф. Универсальная зависимость для диаграмм деформирования бетона, арматуры и железобетонных элементов // Бетон и железобетон, 1992 г., №7, с.23-24.
8. Пирадов А.Б., Аробелидзе В.И., Хуцишвили Т.Г. К расчету несущей способности внецентренно сжатых элементов// Бетон и железобетон, 1986г. №1.
9. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01 - 84). Часть 1, // Москва, ЦИТП, 1986 г.
10. Прокопович А.А. К определению зависимости ‘напряжение - деформация’ с ниспадающим участком для бетона при сжатии // Железобетонные конструкции: межвузовский сборник трудов,

Куйбышев, Куйбышевский государственный университет, 1979 г.

1. Прокопович И.Е. К теории ползучести бетона // Научные доклады высшей школы, Строительство, 1958г., №4
2. Прокопович И.Е. Влияние длительных процессов на напряженное и деформированное состояние сооружений // Москва, Госстройиздат, 1963г.
3. Прокопович И.Е. Улицкий И.И. О теориях ползучести бетона // Ползучесть строительных материалов и конструкций, Госстройиздат, 1964г.
4. Ржаницын А.Р. Температурно - влажностная задача ползучести // Исследования по вопросам теории пластичности и прочности строительных конструкций // Москва, Стройиздат, 1958г., с.36 - 49.
5. Ржаницын А.Р. Теория ползучести // Москва, Стройиздат, 1968г.
6. Роботнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций // Москва, Наука, 1966г.
7. Роботнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердого тела // Москва, Наука, 1977г.
8. СНиП 2.03.01 - 84 Бетонные и железобетонные конструкции.
9. Соломин В.И., Икрин В.А. Расчет железобетонных балок с учетом нелинейных деформаций и сложных программ нагружения // Вестник отделения строительных наук РААСН, 1996г., выпуск 1, с.44 - 49.
10. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры // Москва, 2004г.
11. Столяров Я.В. Введение в теорию железобетона. Стройиздат наркомстроя 1941г.
12. Улицкий И.И. Ползучесть бетона // Гостехиздат, УССР, 1948г.
13. Улицкий И.И. Чжан Чжун-Яо, Голышев А.Б. Расчет железобетонных конструкций с учетом длительных процессов // Госстройиздат УССР, 1960г.
14. Улицкий И.И., Киреева С.В., Фанстиль И.В. Потери предварительного напряжения от ползучести и усадки бетона в железобетонных конструкциях //Госстройиздат УССР, 1962 г.
15. Улицкий И.И. Определение величины деформаций ползучести и усадки бетонов // Госстройиздат УССР, 1963г.
16. Фрейсине Е. Переворот в технике бетона // ОНТИ, 1938 г.
17. Шейнин А.Е. К вопросу прочности, упругости и пластичности бетона // Строительная механика и мосты: труды МИИТ, Трансжелдориздат, 1946г., вып.69.

ЮЗ.Шейкин А.Е. Баксаков Н.С. Влияние минералогического состава портландцемента на ползучесть бетона при сжатии // Строительная промышленность, 1955г., №9.

1. Шейкин А.Е. Упруго - пластические свойства бетонов на портландцементах различного минералогического состава //

Строительная механика и мосты, труды МИИТ, Трансжелдориздат, 1950 г.

1. АСІ Committee 318. “Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318 - 95) and Commentary (318-95)” American Concrete Institute. Farmington Hills. Mien. 1995. 369 pp.
2. Konig., Fehling, E.: Zur Rissbreitenbeschrankung im Stahlbetonbau, Beton und Stahlbetonbau, Heft 6/1988, p.161 - 167
3. Marzouk. H.. and Hussein. A. “Experimental Investigation on the Behavior of High-Strenth Concrete Slabs”/ ACI Structural Journal. V.88, No. 6, Nov.- Dee. 1991. pp. 701-713.
4. Rainer Grimm, Gerd Simsch. Ductility of beams and columns made of HSC/HPC. // Darmctadt concrete. Annual Journal on concrete and concrete structures. Vol. №9. - 1994. P.29 - 40.
5. Panagiotakos T.B., Fardis M.N. Deformations of Reinforced Concrete Members at Yielding and Ultimate.// ACI Stractural Journal. V.98, No.2, March-April, 2001. pp.135-149.