

**Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры**

Диссертационный совет Д 05.02.184

*На правах рукописи
УДК 624.012.3*

Джансериков Турсуналы Джакшиваевич

**Исследование предельных состояний железобетонных
плит перекрытий при статических воздействиях
с учетом фактора длительного действия нагрузки**

Специальность 05.23.01 – Строительные конструкции,
здания и сооружения

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек 2002

Работа выполнена на кафедре «Железобетонные конструкции»
Кыргызского государственного университета строительства,
транспорта и архитектуры

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
К. Темикеев

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
А. А. Беспаяев (г. Алматы)
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
М. К. Абдыбалиев

Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский
и проектный институт строительства

Защита состоится «13» декабря 2002 г. в «10» часов на засе-
дании диссертационного Совета Д-05.02.184 Кыргызского государственного
университета строительства, транспорта и архитектуры, по адресу: 720020, г.
Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского госу-
дарственного университета строительства, транспорта и архитектуры.

Автореферат разослан «12» ноября 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного
Совета, к.т.н., доцент

Т. И. Белинская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время широкое применение в строи-
тельстве находят железобетонные плиты, имеющие самые различные геомет-
рические формы, схемы армирования и условия закрепления.

В процессе эксплуатации данные железобетонные конструкции могут
подвергаться сложным сочетаниям внешних воздействий, в результате чего в
отдельных их зонах возможно появление неупругих деформаций, образование
и развитие трещин. Это обстоятельство, как известно, ведет к существенному
перераспределению внутренних усилий в результате резкого уменьшения же-
сткости сечения. Кроме того, Кыргызская Республика находится в зоне по-
вышенной сейсмичности, где широко развинуто строительство зданий и со-
оружений из железобетона и их конструкций. Железобетонные конструкции,
применяемые в таких районах, должны отвечать антисейсмическим требова-
ниям, несоблюдение которых может нанести огромный ущерб народному хо-
зяйству. Следовательно, для обеспечения надлежащей надежности, долговеч-
ности конструкций и их экономичности, необходима разработка таких мето-
дов расчета, которые наряду с учетом пространственной работы, наиболее
полно учитывали бы специфические свойства железобетона: наличие трещин,
неупругие деформации бетона и арматуры при кратковременном и длитель-
ном нагружении, возможность существенно неоднородного армирования в
различных областях и др.

Очевидно, что разработка только методов расчета, является частью ре-
шения проблемы, и для полного ее решения требуется создание устойчивых и
экономичных алгоритмов, доведенных до рабочих программ, с помощью ко-
торых на базе современных компьютерных технологий можно было бы про-
ектировать надежные и экономически целесообразные конструкции из желе-
зобетона.

При исследовании напряженно-деформированного состояния железобе-
тонных конструкций, помимо статических нагрузок, существенную роль иг-
рают и динамические воздействия. При этом требуется определение таких ди-
намических характеристик, как собственные частоты и формы свободных ко-
лебаний. Существующие методы определения собственных частот и форм
свободных колебаний используют алгоритмы, основанные либо на специаль-
ных методах решения задач на собственные значения, не позволяющих ис-
пользовать ленточную структуру матриц жесткости и масс, либо используют
итерационные методы или метод Штурма, которые оказываются не эффек-
тивными с точки зрения затрат использования компьютерной памяти и време-
ни расчета.

Во многих работах, посвященных изучению напряженно-
деформированного состояния железобетона с трещинами, исследовалось его

поведение при кратковременном, однократном монотонно возрастающем нагружении всей нагрузкой, тогда как в действительности конструкции могут быть загружены в различных сочетаниях длительно действующими и кратковременными нагрузками. Учет этого обстоятельства особенно важен при исследовании предельных состояний железобетонных конструкций, склонных к проявлению ползучести, усадки, релаксации при обследовании несущих систем зданий и сооружений, когда необходимо установить предысторию их нагружения и предсказать поведение конструкции в будущем для определения долговечности сооружения.

Таким образом, сформулированные выше обстоятельства и определяют *актуальность* данных исследований.

Цель диссертационной работы состоит в:

- разработке на базе метода конечных элементов (МКЭ) общей методики расчета железобетонных плит перекрытий с учетом образования и развития трещин при кратковременных и длительных статических воздействиях;
- создании устойчивого и экономичного алгоритма решения нелинейной задачи расчета железобетонных плит при кратковременном и длительном внешнем воздействии и разработке на его основе программного обеспечения, удобного для использования в проектной практике;
- внесение рекомендаций по расчету железобетонных плит перекрытий, учитывающих влияние фактора времени на характер диаграммы «напряжения-деформации» бетона и нормируемые их показатели, изменчивость величин деформаций бетона ε_R и ε_n на диаграмме «напряжения-деформации» в зависимости от класса бетона и времени нагружения конструкции;
- разработке методики учета предыстории нагружения железобетонных плит при обследовании с целью выявления их остаточных ресурсов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации с использованием реальных диаграмм деформирования бетона во времени.

Автор защищает:

- общую методику расчета железобетонных плит с учетом образования и развития трещин при кратковременном и длительном нагружении;
- способ построения матрицы жесткости, матрицы приведенных масс и вектора эквивалентных обобщенных сил для конечно элементного метода расчета железобетонных плит перекрытий;
- алгоритм определения собственных частот и форм свободных колебаний при различных стадиях работы железобетонного элемента;

- методику расчета железобетонных плит перекрытий при длительных нагружениях, базирующуюся на реальных диаграммах деформирования бетона во времени;
- методику учета предыстории нагружения железобетонных плит при обследовании с целью выявления их резервов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации с использованием реальных диаграмм деформирования бетона во времени;

Научную новизну работы составляют:

- соотношения для формирования матрицы жесткости, приведенных масс и векторов нагрузок для отдельного конечного элемента (КЭ) и системы КЭ, пригодные в различных стадиях работы железобетонного элемента;
- разработанный на основе теории Н. И. Карпенко алгоритм пересчета коэффициентов жесткости уравнения изгиба плит с графо-аналитическим способом определения величины коэффициента упругопластичности бетона при кратковременном нагружении;
- графо-аналитический способ учета длительности действия нагрузки при разработке программного комплекса по расчету железобетонных плит по расчетным предельным состояниям;
- результаты расчета большого количества железобетонных плит перекрытий с неоднородными граничными условиями в нелинейной постановке;
- алгоритм, позволяющий вычислить необходимое число частот и форм колебаний железобетонных плит и решение серии задач по определению этих частот, выполненных за пределами упругости;
- алгоритм учета предыстории нагружения железобетонных плит при обследовании с целью выявления их резервов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации с использованием реальных диаграмм деформирования бетона во времени.

Достоверность разработанных в работе положений и предложений по расчету железобетонных плит перекрытий подтверждается близостью «теоретических результатов» к экспериментальным данным других авторов и их согласованностью с рекомендациями существующих СНиП.

Практическое значение работы:

- разработан эффективный алгоритм и создано соответствующее программное обеспечение «NDSJBK», позволяющее производить расчеты изгибаемых железобетонных плит с учетом физической нелинейности при кратковременном и длительном нагружении;
- разработан алгоритм учета предыстории нагружения железобетонных плит при обследовании с целью выявления их резервов по несущей способности

и пригодности к нормальной эксплуатации с использованием реальных диаграмм деформирования бетона во времени;

- методика апробирована при проектировании зданий и сооружений в проектно-институте «Кыргызпромпроект», тресте «Оргтехстрой» и др. и по предложенной методике осуществлены расчеты, разработаны и внедрены опытные железобетонные конструкции для зданий, возводимых в Кыргызской Республике;
- методика учета фактора длительного действия нагрузок и предыстории загрузки при обследовании рекомендованы для включения в Межгосударственные строительные нормы по надежности железобетонных конструкций, разрабатываемых совместно странами СНГ.

Апробация работы. Основные результаты исследований автора доложены на:

- II Всесоюзной школе-семинаре по методу конечных элементов в строительной механике. Львов, 1979.
- ежегодных научно-технических конференциях Фрунзенского политехнического института (КАСИ, КГУСТА). Фрунзе, 1980 – 1991 г.г., Бишкек, 1992-2002 г.г.
- II Республиканской конференции молодых ученых и специалистов Киргизии в области строительства и архитектуры “Молодежь в борьбе за научно-технический прогресс”. Фрунзе, 1981.
- Всесоюзном совещании “Снижение материалоемкости и трудоемкости сейсмостойкого строительства”. Алма-Ата, 1982 г., Фрунзе, 1982.
- II Всесоюзной конференции по нелинейной теории упругости. Фрунзе, 1985.
- Всесоюзном координационном совещании “Экономичное армирование железобетонных конструкций”. Фрунзе, 1990.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 14 работах.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов и приложения. Текстовая часть изложена на 122 страницах. В работе содержится 20 таблиц, 38 рисунков и список литературы из 110 наименований, в том числе 19 на иностранных языках.

Основное содержание работы

Во введении сформулирована постановка задачи исследований, актуальность темы, цель работы и области применения результатов исследования.

В первой главе, на основе литературных источников, проведен анализ моделей деформирования железобетона с трещинами, предложенных различными исследователями. Выполнен сравнительный анализ моделей, описывающих напряженно-деформированное состояние железобетона, начиная с модели М. Губера, в которой изгиб плиты описывается дифференциальным уравнением:

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H_0 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = P(x, y) \quad (1)$$

где: D_x, D_y - изгибные жесткости;

$H_0 = \sqrt{D_x \cdot D_y}$ - жесткость на кручение.

Ряд исследователей - Г. Бах и О. Граф, А. А. Гвоздев, В. И. Загорский, Л. Н. Зайцев, С. М. Крылов, Г. Маркус, В. И. Мурашёв и др., проведя серию экспериментальных работ и аналитических расчетов показали, что уравнение (1) дает удовлетворительные результаты только до появления первых трещин в железобетоне и не может описывать работу плиты после образования трещин.

Разработке аналитических методов расчета железобетонных плит с трещинами, основанных на модели (1), посвящены работы Я. Д. Лившица и М. М. Онищенко, М. Кметова, В. Н. Байкова и В. Ф. Владимирова, Л. А. Мельниковой и др. Суть методов, предложенных этими авторами, состоит в том, что изгибные жесткости для уравнения (1) определяются из теории М. И. Мурашёва, а разница заключается в подходах по выбору крутильной жесткости.

Однако и вышеперечисленные модели после образования трещин в бетоне дают значительные отклонения результатов расчета от экспериментальных данных.

Более совершенные модели, не связанные с (1), предложены М. Корнелисом, Ш. Массонетом, Ф. Леви, К. Абси, Е. Л. Крамером, Л. П. Ждахиным и В. В. Чижевским. В моделях данных авторов, в отличие от предыдущих моделей, заранее назначается стадия работы элемента с трещинами и на этом основании выводится уравнение изгиба плиты, в которых коэффициенты D_y вычисляются в зависимости от НДС плиты. Но, как показали дальнейшие исследования, результаты вычислений хорошо согласовывались с экспериментальными данными только в тех областях плиты, где трещины ортогональны арматурным стержням, а в остальных

арматурным стержням, а в остальных случаях удовлетворительных результатов получено не было.

Аналитические методы расчета изгибаемых плит с учетом физической нелинейности и трещинообразования связаны с большими трудностями, возникающими при интегрировании дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих НДС анизотропного тела. Это обстоятельство привело к использованию дискретных методов расчета, наиболее распространенными из которых являются метод конечных разностей (МКР), метод граничных элементов (МГЭ), метод сосредоточенных деформаций (МСД), а также метод конечных элементов (МКЭ), хорошо приспособленный для решения подобных задач механики.

Используя МГЭ, выполнили многочисленные исследования, в частности, тонких плит и оболочек, Ж. Т. Тентиев, К. Х. Кожамметов, С. Ж. Жумуков, К. С. Раматов. Названными авторами метод применен не только для железобетонных конструкций, но и для конструкций из других композиционных материалов.

Для расчета сборных железобетонных перекрытий с различными граничными условиями в линейной и нелинейной постановках при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок применил МСД К. Т. Темикеев. Кроме того, данный метод был успешно применен в многочисленных расчетах железобетонных конструкций. Г. Д. Адыракаевой, К. Бактыгуловым, М. И. Додоновым, П. Ф. Дроздовым, А. М. Токтосуновым и др.

Применяя МКЭ, проводили исследования работы железобетонных конструкций многие авторы, в частности, Т. А. Аманкулов, Д. Аргирис, Ф. Богнер, А. И. Городецкий, А. Л. Гуревич, В. С. Здоренко, Н. И. Карпенко, Р. Клаф, В. С. Кукунаев, М. Д. Кутуев, М. И. Леви, Н. А. Лосин, Д. МакГенри, Р. Мартин, А. М. Медетбеков, Н. Ньюмарк, А. Р. Ржаницын, Р. С. Санжаровский, Ж. Т. Тентиев, В. В. Чижевский, Н. Н. Шапошников, Л. И. Ярин и многие др. Однако в этих работах исследовались конструкции при однократном монотонно возрастающем нагружении всей нагрузкой, тогда как в действительности конструкции могут быть загружены в различных сочетаниях длительно действующими и кратковременными нагрузками.

Кроме того, при исследовании НДС железобетонных плит часто требуется определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкций. Метод конечных элементов позволяет, в отличие от других численных методов, достаточно просто определить эти основные динамические характеристики. В частности, определению собственных частот и форм колебаний МКЭ были посвящены работы В. Вебера, К. Гупта, С. Дикинсона и Р. Хеншела, О. Зенкевича, М. Д. Кутуева, А. М. Медетбекова, Н. Н. Попова и Б. С. Расторгуев, Г. Стренга, Д. Уилкинсона, Ф. Ханда.

Но, как было отмечено во введении, алгоритмы определения частот и форм колебаний, которые применялись данными авторами, оказались неэф-

фективными, так как не были использованы достоинства МКЭ, связанные с положительной определенностью матрицы жесткости (МЖ) и матрицы приведенных масс (ММ).

Н. И. Карпенко, рассматривая железобетон как анизотропное тело в общем случае анизотропии, предложил модель деформирования железобетона с трещинами.

Согласно анизотропной модели деформирования плит, дифференциальное уравнение изгиба принимает вид:

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2(D_{12} + D_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + 4D_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} + 4D_{23} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = P(x, y). \quad (2)$$

Коэффициенты D_{ij} - элементы матрицы $[D]$, являющейся обратной к матрице податливости $[B]$, зависят от НДС плиты, схемы и ориентации трещин, достигнутого уровня моментов, напряжений в арматуре, ширины раскрытия трещин и др. факторов и вычисляются в каждом отдельном случае по соответствующим формулам.

Как видно из (2), полученное уравнение действительно описывает изгиб плит в общем случае анизотропии и является универсальным. В случаях, когда трещины проходят перпендикулярно арматурным стержням ($D_{13} = D_{23} = 0$), уравнение (2) переходит в (1) и соответствует теории ортотропных плит.

Далее в данной главе рассматриваются различные стадии работы железобетонного элемента, схемы трещин, условия их образования и алгоритм вычисления коэффициентов D_{ij} , входящих в уравнение (2), для каждой стадии и схемы образовавшейся трещины.

Во второй главе в краткой форме представлены теоретические аспекты метода конечных элементов и описана процедура построения прямоугольного конечного элемента на полиномах Эрмита и применение данного КЭ для формирования матрицы жесткости (МЖ), матрицы приведенных масс (ММ) и вектора внешних нагрузок, необходимых при решении поставленной задачи об изгибе железобетонных плит.

Перемещение каждого узла срединной поверхности элемента (рис. 1) в направлениях координатных осей Ox, Oy, Oz обозначены через $u(x, y), v(x, y)$ и $w(x, y)$, а поле перемещений в пределах отдельного КЭ определяется вектором

$$\{f(x, y)\} = \{u(x, y), v(x, y), w(x, y)\}, \quad (3)$$

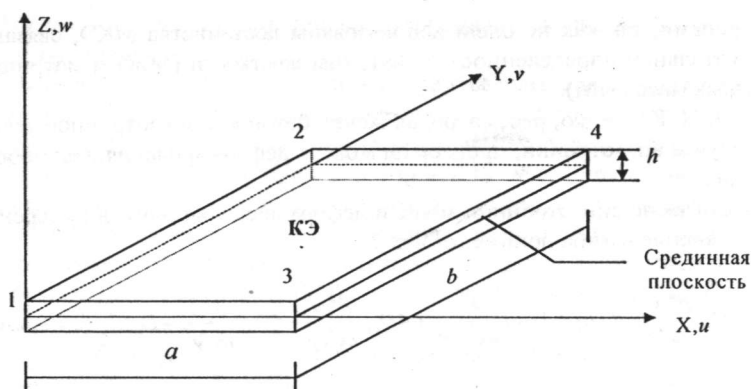


Рис. 1. Геометрия прямоугольного элемента в местной системе координат и основные характеристики КЭ

Компоненты $N_i(x, y)$ ($i = 1, 2, \dots, 16$) вектора распределения перемещений

$$\{N(x, y)\} = \{N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_{16}(x, y)\} \quad (4)$$

выражаются через полиномы Эрмита следующими равенствами:

$$N_i(x, y) = F_m(x)F_n(y), \quad (5)$$

где связь между индексами i, m, n описывается таблицей 1.

Таблица 1.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
m	1	3	1	3	1	3	1	3	2	4	2	4	2	4	2	4
n	1	1	3	3	2	2	4	4	1	1	3	3	2	2	4	4

Достоинством прямоугольного КЭ на интерполяционных полиномах Эрмита является то, что процедура формирования МЖ элемента или ММ выполняется только один раз, и полученные матрицы используются в последующем при решении задачи о напряженно-деформированном состоянии плиты на любой стадии ее работы в готовом виде.

Третья глава посвящена учету предыстории загрузки железобетонных плит перекрытий крупнопанельных зданий, согласно методике К. Темикеева, при их обследовании с целью выявления остаточных ресурсов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации. Приводится методика определения фактических физико-механических характеристик бетона комплексным методом.

Рассматриваются вопросы учета остаточных прогибов, ширины раскрытия трещин и характер их расположения, имеющих место для каждой ячейки сетки для «упаковки» матрицы жесткости для всей обследуемой железобетонной плиты с целью воспроизведения ее напряженно-деформированного состояния. Корректировка «упакованной» матрицы жесткости, если в этом есть

необходимость, осуществляется дополнительным пригружением обследуемой железобетонной плиты с последующим определением фактической изгибной жесткости; способствующего вычислению корректирующего множителя «К».

Далее, используя реальные диаграммы деформирования бетона во времени, производится прогнозирование напряженно-деформированного состояния железобетонной плиты при эксплуатации после реконструкции.

В зависимости от длительности действия нагрузки P_t и уровня напряжения $\frac{\sigma_b}{R_b}$, значения коэффициентов $\gamma_{b,t}$ и $\nu_{b,t}$ изменяют свои значения (табл. 2), что существенно влияет на величины физико-механических и деформативных характеристик материала. В частности, прочность и модуль упругости бетона при различных длительностях загрузки будут определены по формулам

$$R_{b,t} = \gamma_{b,t} \cdot R_b$$

$$E_{b,t} = \nu_{b,t} \cdot E_b$$

Таблица 2

T	60 мин	1 сут- тки	3 сут- ток	1 год	3 года	10 лет	50 лет	100 лет
$\gamma_{b,t}$	1,0	0,95	0,9	0,825	0,8	0,78	0,75	0,74
$\nu_{b,t}$	0,81	0,56	0,41	0,30	0,25	0,20	0,176	0,156

В четвертой главе приведены результаты решения многочисленных модельных и реальных задач, выполненных на основе предложенной методики и вычислительного комплекса «NDSJBK». Приводятся результаты расчетов квадратных и прямоугольных сплошных плит, плит с отверстиями, с регулярными и смешанными граничными условиями, загруженные сосредоточенными или распределенными нагрузками.

Результаты численных экспериментов сравниваются с опытными данными по различным параметрам: перемещениям, внутренним усилиям, образованию и развитию трещин, спектру частот и форм колебаний, типам конечных элементов.

В качестве метода решения задачи используется комбинация метода приращения нагрузки и итерационного метода, а в качестве математического инструмента принят метод конечных элементов с использованием прямоугольного КЭ.

Кроме того, приводится методика расчета железобетонных плит перекрытий на длительные воздействия с учетом реальных диаграмм «напряжения-деформация» для бетона, предложенная К. Темикеевым (рис. 2), которая

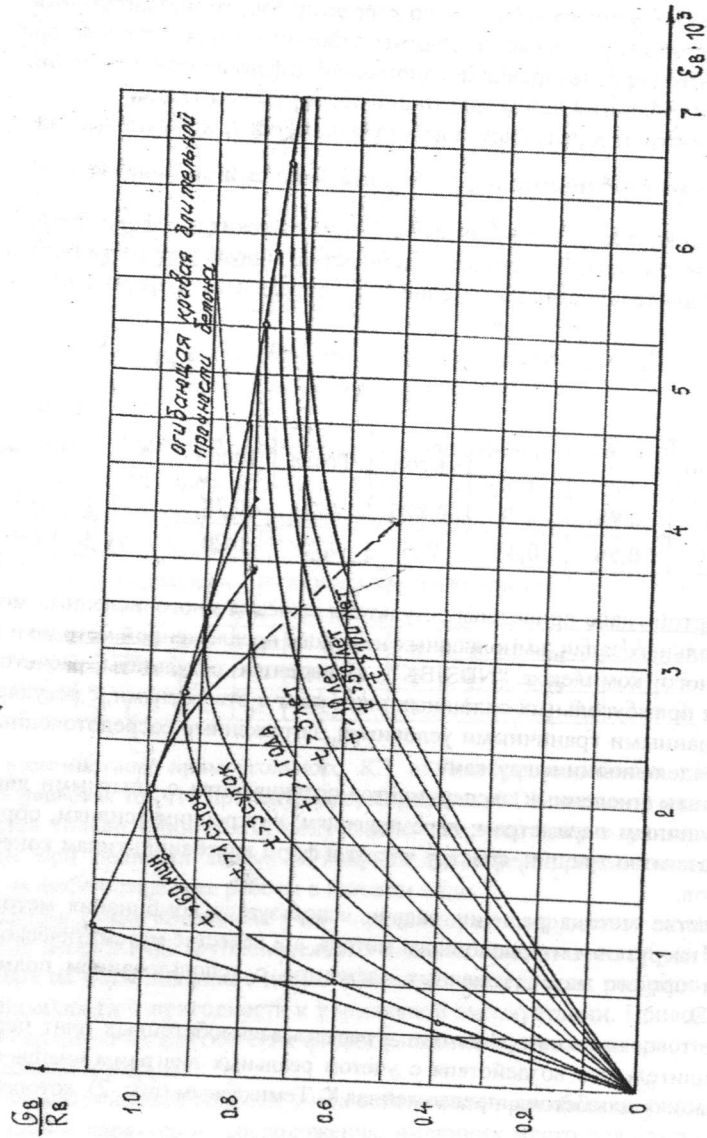


Рис. 2. Диаграмма «напряжение-деформация» для различных длительностей нагружения

учитывает фактор времени и уровень напряжения в бетоне. На базе указанных диаграмм деформирования в табличной форме приводятся численные значения коэффициентов упруго-пластических деформаций бетона $\nu_{b,T}$ для периода действия внешней нагрузки от $T=60$ минут до $T=100$ лет и уровня напряжения в бетоне от $\frac{\sigma_b}{R_b} = 0,1$ до $\frac{\sigma_b}{R_b} = 1,0$.

При достижении внешней нагрузкой P величины длительно действующего значения $P_l = 0,6 \cdot P_n$, дальнейшее приращение нагрузки прекращалось, т. е. принималось $P_l = const$, а затем осуществлялась выдержка железобетонной плиты под нагрузкой в течение времени T ($60 \text{ мин} \leq T \leq 3 \text{ года}$).

Учет длительности действия внешней нагрузки при расчете железобетонных плит перекрытий по второй группе предельных состояний по предложенной методике позволяет, в отличие от действующих СНиП 2.03.01-84*, определять прогибы и ширину раскрытия трещин для произвольного периода действия нагрузки от $T=60$ минут до $T=100$ лет. Примеры расчетов для плит 844 и 866 при $T=3$ года приведены на рис. 3. и рис. 4.

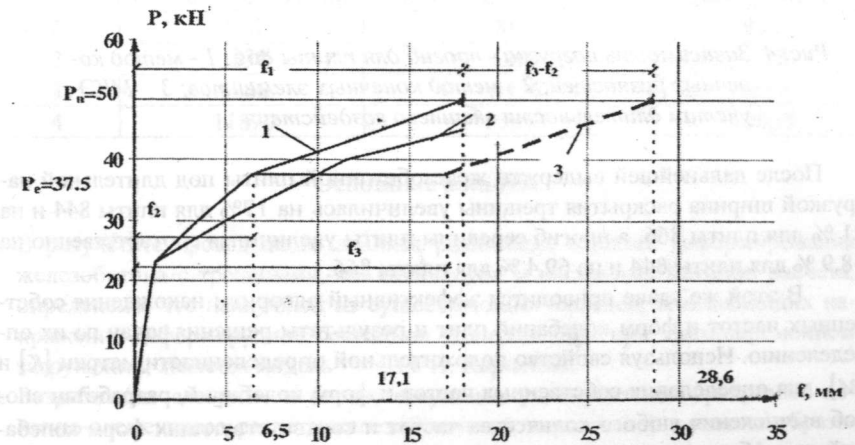


Рис. 3. Зависимость нагрузка - прогиб для плиты 844: 1 - метод конечных элементов; 2 - метод конечных разностей; 3 - МКЭ с учетом длительности внешнего воздействия

После выдержки железобетонных плит под длительной нагрузкой ($P_l = 30$ кН для плиты 844 и $q_l = 37,5$ КПа для плиты 866) в результате перераспределения напряжений между арматурой и бетоном, после $T = 3$ года, на нижней поверхности плиты образовались дополнительные трещины. Величи-

на нормального напряжения в арматуре в сечении вновь образованной трещины составила $\sigma_s = 222,96$ МПа для плиты 844 и $\sigma_s = 270,21$ МПа для плиты 866, а ширина раскрытия трещин $\alpha_{cre} = 0,8$ мм и $\alpha_{cre} = 0,82$ соответственно.

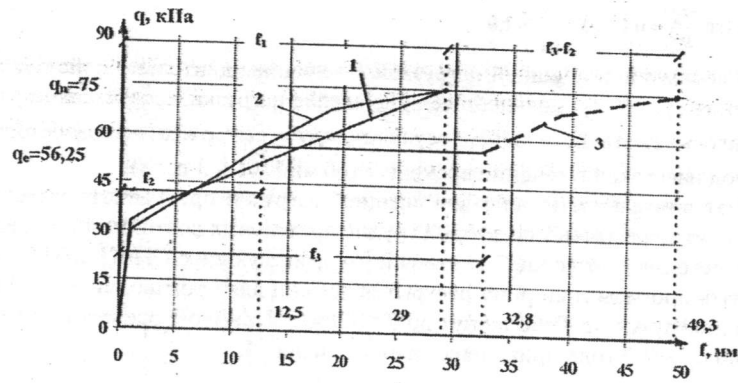


Рис. 4. Зависимость нагрузка - прогиб для плиты 866: 1 - метод конечных разностей; 2 - метод конечных элементов; 3 - МКЭ с учетом длительности внешнего воздействия

После дальнейшей выдержки железобетонной плиты под длительной нагрузкой ширина раскрытия трещины увеличилась на 17% для плиты 844 и на 21% для плиты 866, а прогиб середины плиты увеличился соответственно на 58,9% для плиты 844 и на 69,4% для плиты 866.

В этой же главе приводится эффективный алгоритм нахождения собственных частот и форм колебаний плит и результаты решения задач по их определению. Используя свойство положительной определенности матриц $[K]$ и $[M]$, для определения собственных частот и форм колебаний, разработан способ вычисления любого количества частот и соответствующих форм колебаний из любого частотного диапазона, не требующий дополнительной компьютерной памяти при минимальных затратах времени на вычисления. При этом полностью сохраняется симметричность матриц жесткости и матрицы приведенных масс, а также сохраняется их ленточная структура.

В таблице 4 приведены результаты определения собственных частот (в герцах) свободно опертой квадратной плиты,

Таблица 4.

№ формы	Данная работа	Другие источники	
		Вебер	Аналитическое решение
1	1037,89	1037	1035
2	2781,33	2777	2587
3	4436,07	4398	4138
4	10883,6	10745	9311

а в таблице 5 - результаты определения собственных частот (также в герцах) консольной пластины с применением согласованных и не согласованных треугольных КЭ, а также прямоугольного КЭ на полиномах Эрмита.

Данные примеры также показывают, что разработанные конечно-элементная модель и соответствующая программа достаточно точно моделируют работу железобетонных плит перекрытий.

Таблица 5.

№ формы	Тип элемента		
	Соглас. треугольник	Не соглас. треугольник	Прямоугольник
1	846	861	826
2	3638	4293	3728
3	5266	6456	5157
4	11870	15813	12055

Основные выводы

1. В результате проведенного анализа различных моделей деформирования железобетона с трещинами, аналитических и численных методов расчета, определено, что наилучшей из существующих моделей, описывающих напряженно-деформируемое состояние железобетона при кратковременном нагружении, является модель Н. И. Карпенко.
2. Разработаны алгоритм и соответствующая универсальная программа конечно-элементного расчета железобетонных перекрытий с учетом образования и развития трещин, в основу которых положена теория деформирования железобетона с трещинами Н. И. Карпенко с учетом влияния фактора времени по К. Темикееву.
3. Предложен эффективный алгоритм определения частот и форм колебаний, основанный на прямоугольном КЭ, позволяющий определять их с минимальными затратами компьютерной памяти и времени расчета.
4. Результаты расчетов многочисленных железобетонных плит перекрытий с различными условиями нагружения, граничными условиями и геометрией показывают, что прямоугольный конечный элемент на полиномах Эрмита адекватно моделирует работу железобетона по прогибам и по образованию

- и развитию трещин, как при кратковременном, так и при длительном нагружении.
5. При определении прогиба обычных и преднапряженных изгибаемых элементов, к которым предъявляют требования 2-й и 3-й категорий по трещиностойкости, величину коэффициента упругопластических деформаций бетона $\nu_{\beta T}$ необходимо определять по средним опытным диаграммам деформирования бетона во времени, предложенным К. Темикеевым.
 6. С помощью средних опытных диаграмм деформирования бетона во времени можно учитывать предысторию нагружения, что является исходной информацией для выявления остаточных ресурсов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации при проведении обследования несущих систем зданий и сооружений из железобетона.
 7. Для определения фактических физико-механических характеристик бетона сборных железобетонных элементов при их обследовании целесообразно использовать комплексный метод, позволяющий определять их с необходимой точностью и дискретно для каждого конечного элемента.
 8. Метод конечных элементов в сочетании с методикой расчета железобетонных конструкций на длительные воздействия по К. Темикееву позволяет устанавливать и прогнозировать их фактическую несущую способность и пригодность к нормальной эксплуатации.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Медетбеков А. М., Джансериков Т. Д., Жумуков С. Расчет изгиба железобетонных пластин с учетом образования трещин на ЕС ЭВМ. Труды ФПИ, 1979, с. 63-71.
2. Джансериков Т. Д., Шагалов С. Е. Расчет подъемистых оболочек по модели пологих оболочек методом конечных элементов. II Республиканская конференция молодых ученых и специалистов Киргизии в области строительства и архитектуры. Тезисы докладов. Фрунзе, 1981, с. 100.
3. Медетбеков А. М., Джансериков Т. Д., Шагалов С. Е. Свободные колебания пологих оболочек покрытий. Труды ФПИ, 1982, с. 28-33.
4. Джансериков Т. Д., Жумуков С. Определение сейсмической реакции железобетонных пластин и оболочек МКЭ. Всесоюзное совещание. Тезисы докладов. Алма-Ата, 1982, Фрунзе, 1982, с. 6-7.
5. Джансериков Т. Д. Определение собственных частот и форм колебаний оболочек с рациональным использованием памяти ЭВМ. Труды ФПИ, 1983, с. 65-70.
6. Н. И. Карпенко, В. С. Кукунаев, Т. Д. Джансериков. Расчет физически нелинейных железобетонных пластин и оболочек на статические и динамические воздействия. Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по нелинейной теории упругости 12-14 июня 1985 г. Фрунзе, «Илим», 1985, с. 183-184.

7. Т. Д. Джансериков, А. М. Токтосунов, О. Р. Ташполотова. Исследование собственных частот и форм колебаний железобетонных балок и плит с присоединенными массами. Всесоюзное координационное совещание. Тезисы докладов, т.2, Фрунзе, 1990, с. 89-90.
8. Солдатова Л. Л., Джансериков Т. Д. Исследование реакции здания с сейсмоизолирующим скользящим поясом на вибрационную нагрузку, создаваемую на покрытии здания. «Сейсмостойкие конструкции зданий и сооружений в Киргизии», Фрунзе, 1990, с. 5-13.
9. Абдужабаров А. Х., Джансериков Т. Д., Бектенов А. Б. Совершенствование конструктивных решений лавинозащитных галерей с учетом пространственного характера их работы при расчете на сейсмические воздействия. «Сейсмостойкое строительство», вып.10, Москва, 1991, с. 7-9.
10. Тентиев Ж. Т., Джансериков Т. Д. Эффективный КЭ алгоритм формирования уравнения равновесия железобетонных пластин и оболочек. //Исследования по напряженно-деформируемому состоянию, устойчивости и разрушению деформируемых сред. - Бишкек: Илим, 1996, с. 10-16.
11. Джансериков Т. Д. Определение динамических характеристик пластин и балок методом конечных элементов. Материалы 3-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов КА-СИ., Бишкек, 1999, с. 103-108.
12. Джансериков Т. Д. К расчету плит на сейсмические воздействия. Материалы 3-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов КАСИ., Бишкек, 1999, с. 126-131.
13. Темикеев К., Джансериков Т. Д., Стамалиев А. К., Эргешбай уулу А. К вопросу установления условного класса бетона при натурных обследованиях железобетонных конструкций. // Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века, Бишкек, «Илим», 2000, с. 3-9.
14. Темикеев К., Джансериков Т. Д. Исследование предельных состояний железобетонных плит при длительном действии нагрузки. //Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века, Бишкек, «Илим», 2000, с. 9-17.

АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена исследованию предельных состояний железобетонных плит перекрытий при кратковременных и длительных нагружениях с учетом нелинейного деформирования бетона и арматуры, образования и развития трещин. В основу теории при разработке практических методов расчета железобетонных плит по расчетным предельным состояниям в качестве базисной расчетной модели принята теория деформирования железобетона, предложенная Н. И. Карпенко.

Разработаны алгоритм и универсальная программа конечно-элементного расчета железобетонных плит перекрытий с учетом нелинейного

деформирования бетона и арматуры, образования и развития трещин, как при кратковременном, так и при длительном нагружении. Предложена методика учета предистории нагружения железобетонных плит перекрытий крупнопанельных зданий, способствующая выявлению остаточного ресурса по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации, прогнозирования изменения напряженно-деформированного состояния железобетонной плиты после реконструкции.

Полученные результаты исследований позволяют в реальном проектировании наиболее точно оценить предельные состояния железобетонных плит перекрытий при действии кратковременных и длительных нагрузок, выявить резервы прочности по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации в процессе их реконструкции, прогнозировать изменение характера напряженно-деформированного состояния железобетонных плит после перепрофилирования.

АННОТАЦИЯ

Диссертация кыска жана узак мөөнөттөгү жүктөр таасир эткен темирбетон плиталардын чектик абалын бетондун жана арматуралардын түз сызыктуу эмес деформацияланышын, жараканын пайда болушун жана ачылышын эске алуу менен бирдикте изилдөө арналган.

Темирбетон плиталарын эсептик чектик абал боюнча эсептөөдөгү теориялык жоболор жана практикалык ыкмалар Карпенко Н.И. тарабынан иштелип чыккан темир бетондорун деформацияланышынын теориясына негизделген.

Темирбетон плиталардын кыска жана узак мөөнөттөгү жүктөрдүн таасири астында бетондун жана арматуралардын түз сызыктуу эмес деформацияланышын, жараканын пайда болушун жана ачылышын эске алуу менен акыркы-элементтик ыкмасынын универсалдык программасы жана алгоритми иштелип чыккан.

Ири панелдүү имараттардын темирбетон плиталарын жүктөөдөгү тарыхын эске алуучу ыкмалар сунуш кылынган. Ушуга байланыштуу, реконструкциядан кийинки темирбетон плиталарынын жүк көтөрүү ресурсу жана нормалдуу пайдалануу жарактуулугу, чыңалуу-деформациялык абалынын өзгөрүшүн божомолу аныкталат.

Изилдөөлөрдүн алынган жыйынтыктар реалдуу долбоорлоо иштеринде кыска жана узак мөөнөттөгү жүктөр таасир эткен темирбетон плиталарынын чектик абалын өтө так баалайт, плиталардын реконструкциядан кийинки нормалдуу жарактуулугун жана жүк көтөрүү мүмкүнчүлүгү боюнча бышыктык резервин аныктайт, темирбетон плиталарынын колдонуу профили алмашканда чыңалуу-деформациялык абалынын мүнөздүү өзгөрүшүн божомолдойт.

ANNOTATION

The dissertation is devoted to the research of the limited conditions of bearing slabs of covers in short-term and enduring tractions taking nonlinear deformation of concrete and ferro-concrete, appearance and development of cracks into consideration. In developing of theoretical regulations and practical methods of bearing slabs calculation on calculated conditions as basic calculated model, the theory of deformation of compressed iron concretes proposed by N. Karpenko.

There were developed algorithm and universal program finite-element method calculation of compressed iron concrete slabs of covers taking nonlinear deformation of concrete and ferro-concrete, appearance and development of cracks as in short-term and as well as in long-term tractions. The method of prehistory of traction calculation of compressed iron concretes of slabs of covers of large-panel buildings, contributing to revelation of the resource on bearing capacity and aptitude to normal exploitation, forecasting of changing in stresses-deformation condition of compressed iron slabs after the reconstruction.

The taken results of the research allow to estimate the limited conditions of compressed iron concretes of slabs more accurately in real projection during short-term and long-term tractions, reveal durability reserves on bearing capacity and aptitude to normal exploitation during the process of their reconstruction, make prognosis the changes of character of stresses-deformation state of compressed iron concretes slabs after the reprofiling.

Джансериков Турсуналы Джакшибаевич

Исследование предельных состояний железобетонных плит перекрытий при статических воздействиях с учетом фактора длительного действия нагрузки
(Автореферат диссертации)

Тех.редактор Б.К.Курманалиев

Подписано к печати 06.11.2002 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,00 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 338.

720044 г.Бишкек, ул.Сухомлинова, 20.
ИЦ "Текник", т.: 42-14-55, 54-29-43