

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫЗЫЛКИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ,  
ЭКОНОМИКИ И ПРАВА БАТКЕНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

На правах рукописи  
**УДК 624.012.45**

**НАСИРОВ МЫКТЫБЕК ТУРГУНБАЕВИЧ**

**ПРОЧНОСТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СБОРНЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ  
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**05.23.01–Строительные конструкции, здания и сооружения**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

Бишкек – 2015

Работа выполнена в Кызыл-Кийском институте технологии, экономики и права Баткенского государственного университета.

**Научный консультант**

доктор технических наук, профессор      Зулпуев А.М.

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор      Семенов В.С.  
кандидат технических наук, доцент Бактыгулов К.Б.

**Ведущая организация:**

Кыргызско-Российской Славянской университет им. Б.Н. Ельцина

**Защита состоится** \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. в 14:00 часов на заседании специализированного совета Д. 05.14.495 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Ельцина, утвержденного приказом ВАК Кыргызской Республики от 03.10.2014 г. № 44, по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения», по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 346, малый зал КГУСТА им. Н. Исанова.

Факс: 996 312 54 51 36

E-mail: youth\_kg@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Ученый секретарь**

специализированного совета  
кандидат технических наук, доц.

Ильченко Л.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В отечественном строительстве на сегодняшний день применение находят сборные железобетонные плиты перекрытий многоэтажных зданий и сооружений имеющие самые различные и геометрические конфигурации. А также имеющие различные схемы армирования и условия их закрепления на опорах сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений.

Сборные железобетонные плиты перекрытий многоэтажных зданий и сооружений в процессе эксплуатации могут подвергаться различными сочетаниями внешних воздействий, в результате чего в отдельных местах возможно появление упругое пластическое деформаций, образование и развитие трещин. Как известно, это ситуация, приводит к существенному перераспределению внутренних усилий в результате резкого снижения жесткости сечения. В связи с этим, для обеспечения надежности, долговечности конструкций и их экономичности, необходима разработка новых методов расчета, которые наряду с учетом пространственной работы, наиболее полно учитывали бы специфические свойства железобетона: наличие трещин, неупругие деформации бетона и арматуры при различных длительностях нагрузки.

Однако, что разработка методов расчета, является частью постановки проблемы, и для полного ее решения требуется разработка алгоритмов расчета, с помощью которых на базе современных компьютерных технологий можно было бы проектировать надежные и экономически целесообразные конструкции из сборных железобетонных плит перекрытий.

Исследование напряженно-деформированного состояния сборных железобетонных плит перекрытий кроме статических нагрузок, значительную роль играют и динамические нагрузки, которые часто подвергаются здания и сооружения в процессе их эксплуатации, в частности требуется определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкций.

Существующие методы для определения собственных частот и форм колебаний используют алгоритмы, основанные либо на специальных методах решения задач на собственные значения, либо используют итерационные методы или другие методы расчета.

В большинство работ, напряженно-деформированного состояния сборных железобетонных плит перекрытий с трещинами, исследовалось его характер разрушения при кратковременной нагрузке. А в реальности конструкции могут быть загружены в различных сочетаниях длительно действующими и кратковременными нагрузками. Возможности учета таких сочетания очень необходимы для исследования предельных состояний сборных железобетонных плит перекрытий, подвергающихся к проявлению ползучести, усадки и релаксации при обследовании долговечности несущих конструкций зданий и сооружений.

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

**Цель диссертационной работы** состоит в следующем:

- развитие на основе метода сосредоточенных деформаций, методики расчета сборных железобетонных плит перекрытий с учетом нормальных усилий определение несущую способность и жесткости при кратковременных и длительных статических воздействиях;
- составления алгоритма расчета нелинейной работы, сборных железобетонных плит перекрытий при кратковременном и длительном воздействии и разработка на основе программного обеспечения вычислительной технике, для использования в практике;
- развитие методики расчета при различных воздействия внешней нагрузки сборных железобетонных плит перекрытий, с целью выявления их остаточных резервов по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации с использованием реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры.
- развитие расчетные модели, для сборных железобетонных плит перекрытий, монолитных многоэтажных зданий и сооружений, учитывающие реальную работу конструкций и условия закрепления на опорах.

**Автор защищает:**

- методику расчета метода сосредоточенных деформаций, для сборных железобетонных плит перекрытий с учетом нормальных усилий определение несущую способность и жесткости при кратковременной и длительной нагрузки;
- способы построения матрицы внешней и внутренней жесткости, вектора обобщенных сил для элементов метода сосредоточенных сил, при расчете сборных железобетонных плит перекрытий;
- составления алгоритма и определения несущей способности конструкций при различных стадиях нагрузки железобетонных конструкций;
- методику расчета сборных железобетонных плит перекрытий при кратковременных и длительных нагрузок, на реальных диаграммах деформирования бетона и арматуры;
- расчетные модели, для сборных железобетонных плит перекрытий, монолитных многоэтажных зданий и сооружений, учитывающие реальную работу конструкций и условия закрепления на опорах.

**Научную новизну работы составляют:**

- соотношения для формирования матрицы внешней и внутренней жесткости и векторов нагрузок для элементов метода сосредоточенных деформаций, в различных стадиях работы сборных железобетонных плит перекрытий;
- результаты расчета сборных железобетонных плит перекрытий с различными граничными условиями в упругопластической стадии при действии кратковременной и длительной нагрузках;

- алгоритм для расчета сборных железобетонных плит перекрытий и решение задач по определению нелинейной работы, выполненных за пределами упругости;

- расчетные модели, для сборных железобетонных плит перекрытий, монолитных многоэтажных зданий и сооружений, учитывающие реальную работу конструкций и условия закрепления на опорах.

- алгоритм учета при различных воздействия внешней нагрузки сборных железобетонных плит перекрытий при исследовании, с целью выявления их резервов по несущей способности и жесткости с использованием реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры.

**Достоверность:** предлагаемых в данной работе предложений и сопоставления по методу сосредоточенных деформаций расчета сборных железобетонных плит перекрытий подтверждается точностью теоретических и экспериментальных результатов, а также данными других авторов.

**Личный вклад соискателя** заключается в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, их анализе и обобщении результатов, получении научных и практических данных, раскрытие закономерностей и сформулировать основных выводов, внедрении результатов исследований в практическую и научно-методическую деятельность.

#### **Практическое значение работы:**

- разработанный алгоритм и программа «MSD», позволяющее определить расчеты изгибаемых сборных железобетонных плит перекрытий, с учетом физической и геометрической нелинейности при кратковременном и длительном воздействия внешней нагрузки;

- разработанный алгоритм и программа при учете различных воздействия внешней нагрузки сборных железобетонных плит перекрытий в исследовании с целью выявления их резервов по несущей способности, с использованием реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры;

- методика учета фактора кратковременного и длительного действия внешней нагрузки при исследовании, рекомендованы при расчете по оценке несущей способности и жесткости сборных железобетонных плит перекрытий.

**Внедрение результатов** - методика расчета апробирована при проектировании многоэтажных зданий и сооружений: в проектном институте «Кыргыз НИИП сейсмостойкого строительства»; в Ошском филиале «КНИИП градостроительства»; в заводе АО Кызыл-Кыя «Темир-бетон»; в Кызыл-Кийском институте технологии, экономики и права Баткенского государственного университета и Ошском технологическом университете им. М.М. Адышева и по разработанной методике осуществлены расчеты, разработаны и внедрены опытные сборные железобетонные плиты перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, возводимых в Кыргызской Республике;

**Апробация работы.** Основные результаты исследований автором доложены:

-на VII международной конференции, посвященной 80-летию КГТК им. Т.Кулатова «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», 13-18 мая 2013 г. Москва-Кызыл-Кыя, 2013 г.

- на международных научно-технических конференциях «О Кыргызско-Российском сотрудничестве за период 1995-2013 г. и его перспективах» посвященной к 20-летию Кыргызско - Российской Славянской университета им. Б. Ельцина. Бишкек, 2013 г.

- на республиканской научно-технической конференции «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции и инноваций партнерства» в Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. Ысык-Къл, 5-6 сентября, 2014 г.

- на республиканской научно-технической конференции молодых ученых «Молодежь в борьбе за научно-технический прогресс» в Кызыл-Кийском институте технологии, экономики и права Баткенского государственного университета. Кызыл-Кыя, 18-май, 2014 г.

**Публикации.** Материалы диссертации опубликованы в 11 работах.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов и приложения. Текстовая часть изложена на 136 страницах. В работе содержится 17 таблиц, 33 рисунков и список использованной литературы из 118 наименований.

**Содержание работы.**

**В первой** главе кратко излагается состояние проблемы, сформулированы важнейшие направления исследований и их методические предпосылки; рассматриваются конструктивные особенности несущих систем многоэтажных зданий и методы их расчета, а также соотношение «напряжения-деформации» для бетона и арматуры при различной длительности нагрузки, в результате сформулированы основные задачи исследований.

В настоящей работе принимаемый метод сосредоточенных деформаций по способу построения матриц жесткости нормальных сечений, сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, относительно принятых произвольно расположенных и не меняющих свое положение координатных осей является наиболее удобным. Он позволяет разрешать элементов с любыми поперечными сечениями в единообразной конфигурации, пригодной для расчета прочности, деформаций, ширины раскрытия трещин и прогибов. Для расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений в условиях нелинейности по методу конечных элементов в его традиционной форме необходимо выбирать размеры конечных элементов достаточно маленькими, чтобы в их пределах упругопластические характеристики материалов находились постоянными. Это обстоятельство существенно ограничивает возможности метода конечных элементов для расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений.

**Во второй** главе разрабатывается метод сосредоточенных деформаций (МСД) в наиболее простом варианте применительно к упругим однородным стержням, устанавливаются в матричной форме соотношения между внутренними силами и перемещениями граней элементов МСД.

В изгибаемых сборных железобетонных плитах перекрытий многоэтажных зданий и сооружений (рис. 1) сложности состоят в том, что сечения по плоскостям сосредоточенных деформаций являются комплексными. В такой степени нам известно, что бетон работает упруго лишь при небольших нагрузках, то с развитием неупругих деформаций по высоте сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, в плоскости соединяющей точки с нулевыми деформациями, меняет свое положение, отклоняясь от нейтральной плоскости для упругого состояния.

А также в общем случае сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений будет сложной системой, так как ее закрепление на опорах практически невозможно осуществить на уровне нейтральной плоскости, меняющей свое положение в зависимости от уровня внешней нагрузки с учетом нормальных усилий.

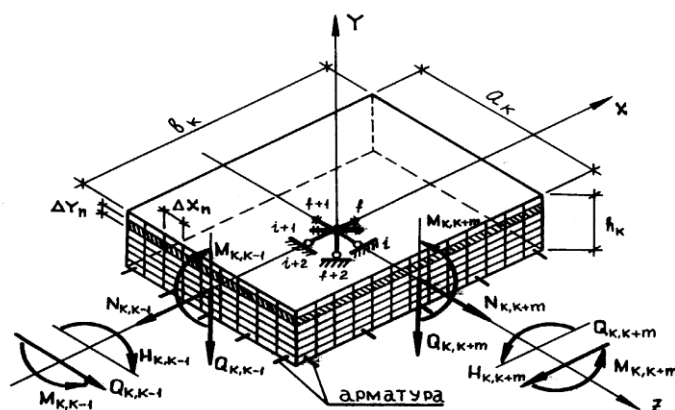


Рис. 1. Расчетная модель метода сосредоточенных деформаций

На основе метода сосредоточенных деформаций задача по расчету напряженно-деформированного состояния изгибаемой сборной железобетонной плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений решается в следующем порядке:

- на основе результатов экспериментальных данных устанавливается взаимосвязь между напряжениями и деформациями в форме "одноосных" диаграмм с учетом напряженно-деформированного состояния бетона и арматуры в условиях изгиба сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений;
- из компонента элементов метода сосредоточенных деформаций учитываются установленные законы распределения деформаций сжатия (растяжения) и сдвига по плоскостям сосредоточенных деформаций;

- составляются согласно уравнение Холецкого, связывающие перемещения по граням элемента метода сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями;

- по плоскостям метода сосредоточенных деформаций определяются и устанавливаются внутренние усилия  $\{F\}$ ;

- формируются и составляются матрица внешней жесткости  $[Э]_k$  для  $k$ -го элемента метода сосредоточенных деформаций;

- определяются и составляются элементная матрица внутренней жесткости  $[K]_k$ , а затем матрица внутренней жесткости  $[K]$  элемента для всей рассчитываемой системы в целом;

- составляются матрица уравнения равновесия  $[A]_k$  для  $k$ -го элемента метода сосредоточенных деформаций и всей системы  $[A]$ , а затем определяются матрица внешней жесткости,  $[R]=[A] \cdot [K] \cdot [A]^T$ ;

- сформировываются и подсчитывается система уравнений равновесия метода перемещений с числом неизвестных  $b \cdot m \cdot n$ , (где  $b$  - число степеней свободы каждого мелкого элемента метода сосредоточенных деформаций,  $m$  и  $n$  - число элементов метода сосредоточенных деформаций в одном и другом направлении рассчитываемой сборной железобетонной плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений);

- из решения системы алгебраических уравнений подсчитываются прочности и перемещения элементов метода сосредоточенных деформаций (по три линейных и три угловых на каждый элемент), а затем действующие сосредоточенные деформаций по граням между элементами метода сосредоточенных деформаций;

- на основе диаграммы деформирования для бетона и арматуры "напряжения-деформации", обобщенные секущие модули деформаций вычисляется и по ним формируется матрицы внутренней жесткости  $[K]$ , матрицы внешней жесткости  $[R]$  и затем вновь повторяется решение при заданном векторе внешних сил с проверкой сходимости итерационного процесса. Достижение стабилизации можно проконтролировать результатами смежных итерационных процессов всех элементов вектора деформаций (например, по прогибу).

Данное условие можно представить в виде

$$(\lambda_{i+1} - \lambda_i) / (\lambda_{i+1} + \lambda_i) \leq |\beta| \quad (1)$$

где:  $\lambda_i$  и  $\lambda_{i+1}$  - элементы вектора деформаций смежных  $i$ -ой и  $(i+1)$ -ой итерациях;

$\beta$  - некоторое небольшое число.

- после достижение стабилизации итерационного процесса по условию (1) окончательно определяются прочности и перемещения, взаимные смещения и внутренние усилия для всех элементов метода сосредоточенных деформаций, опорные реакции системы, т.е. сборной железобетонной плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений и т.д., которые выводятся на печать.



Особенности для расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений с учетом нелинейной работы элементов, в отличие от упругой постановки задачи, заключается в формировании матрицы внешней и внутренней жесткости, где появляются дополнительные побочные элементы. Эти дополнительные побочные элементы отражают взаимное влияние продольных сил, изгибающих и крутящих моментов, действующих по плоскостям сосредоточенных деформаций.

Отсюда следует сказать, что элементы матрицы жесткости нелинейные, что объясняется неупругими деформациями бетона и арматуры. В каждой точке плоского и изгибного напряженного состояния элемента метода сосредоточенных деформаций, зависимость между нормальными ( $\sigma_x$  и  $\sigma_z$ ) и касательными ( $\tau_{x,z}$ ,  $\tau_{y,z}$ ,  $\tau_{z,x}$ ,  $\tau_{y,x}$ ) напряжениями и соответствующими деформациями можно сформулировать следующей форме (рис. 1)

$$\begin{aligned} \sigma_z &= D'_z(\varepsilon_z, \varepsilon_x, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}) \cdot \varepsilon_z; \quad \tau_{xz} = D'_{xz}(\gamma_{xz}, \varepsilon_z, \varepsilon_x, \gamma_{yz}) \cdot \gamma_{xz}; \\ \tau_{yz} &= D'_{yz}(\gamma_{yz}, \varepsilon_z, \varepsilon_x, \gamma_{yz}) \cdot \gamma_{yz}; \quad \sigma_x = D'_x(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{zx}, \gamma_{yx}) \cdot \varepsilon_x; \\ \tau_{z,x} &= D'_{zx}(\gamma_{zx}, \varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{yx}) \cdot \gamma_{zx}; \quad \tau_{y,x} = D'_{yx}(\gamma_{yx}, \varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{zx}) \cdot \gamma_{yx} \end{aligned} \quad (2)$$

где:  $D'$  - секущие модули "одноосного" деформирования, возникающие сложными функциями составляющих деформаций, входящих в круглых «скобках».

Для арматуры соотношение « $\sigma_s$  -  $\varepsilon_s$ » принимается одноосной, без учета объемного напряженно-деформированного состояния

$$\sigma_s = E'_s \cdot \varepsilon_s \quad (3)$$

где:  $E'_s$  - секущий модуль деформаций арматуры.

Напряженно-деформированное состояние элементов метода сосредоточенных деформаций принимаем подобным, которое позволяет наиболее элементарно, и вместе с тем с практической точки зрения, обеспечивать достаточную точность: в пределах любой стороны элемента метода сосредоточенных деформаций в направлении координатных осей справедлив закон плоских сечений; поперечные и сдвиговые деформации принимаются постоянные по каждой из сторон элемента метода сосредоточенных деформаций.

Рассмотрим сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, т.е. железобетонный элемент метода сосредоточенных деформаций (рис. 1), внутренние силы по граням которого образуют вектор  $\{F\}_k$  нормальные сечения по каждой из граней будем принимать в дискретной форме. Для вертикальных сечений  $k$ -го элемента определяем взаимосвязь между перемещениями и деформациями.

Например: для  $k$ ,  $k-m$ -й грани сборных железобетонных плит перекрытий будем иметь в точке с координатной оси  $X_{b(k,k-m)}$  и  $Y_{b(k,k-m)}$  следующее выражения в виде

$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= \omega_{k,k-m} / a_{k,k-m} - (\varphi_{k,k-m} \cdot X_{b(k,k-m)}) / a_{k,k-m} - (\beta_{k,k-m} \cdot Y_{b(k,k-m)}) / a_{k,k-m} \\ \gamma_{zx} &= \alpha_{k,k-m} / a_{k,k-m} + (\alpha_{k,k-m} \cdot Y_{b(k,k-m)}) / a_{k,k-m} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\gamma_{yx} = u_{k,k-m}/a_{k,k-m}$$

Учитывая формулу (4), можно написать следующее выражения для нормальных и касательных напряжений бетона к, к - m - й грани развернутого вида

$$\begin{aligned}\sigma_{z,b(k,k-m)} &= E'_{b(k,k-m)} \cdot \{ \omega_{k,k-m}/a_{k,k-m} - (\varphi_{k,k-m} \cdot x_{b(k,k-m)})/a_{k,k-m} - (\beta_{k,k-m} \cdot y_{b(k,k-m)})/a_{k,k-m} \} \\ \tau_{zx,b(k,k-m)} &= G'_{b(k,k-m)} \cdot \{ u_{k,k-m}/a_{k,k-m} + (\alpha_{k,k-m} \cdot y_{b(k,k-m)})/a_{k,k-m} \} \\ \tau_{zy,b(k,k-m)} &= G'_{b(k,k-m)} \cdot (u_{k,k-m}/a_{k,k-m})\end{aligned}\quad (5)$$

где:  $E'_{b(k,k-m)}$  и  $G'_{b(k,k-m)}$  - секущие модули деформаций и сдвига бетона;

$$\text{здесь: } E'_b = \nu \cdot E_b; \nu = e^{m \times (\varepsilon/\hat{\varepsilon})^{-m-1}}; m = \ln(R_g / E_g \times \hat{\varepsilon}).$$

Аналогично таким же образом можно написать соотношения для нормальных и касательных напряжений арматурного стержня на грани (к, к - m - й грани)

Принимая дискретную схему для (к, к - m) - ой грани, можно записать выражения для равнодействующих нормальных и поперечных сил, а также и изгибающих и крутящих моментов по этой грани в плоскости и из плоскости

$$\begin{aligned}N_{k,k-m} &= (\sum E'_{z,b} \cdot A_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s) \cdot (\omega_{k,k-m}/a_{k,k-m}) - \\ &- (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot x_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot x_s) \cdot (\varphi_{k,k-m}/a_{k,k-m}) - \\ &- (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot y_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot y_s) \cdot (\beta_{k,k-m}/a_{k,k-m}) \\ M_{k,k-m} &= - (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot x_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot x_s) \cdot (\omega_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot x_b^2 + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot x_s^2) \cdot (\varphi_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot x_b \cdot y_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot x_b \cdot y_s) \cdot (\beta_{k,k-m}/a_{k,k-m}) \\ Q_{k,k-m} &= - (\sum G'_{xz,b} \cdot A_b + \sum G'_{xz,s} \cdot A_s) \cdot (u_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum G'_{xz,b} \cdot A_b \cdot y_b + \sum G'_{xz,s} \cdot A_s \cdot y_s) \cdot (\alpha_{k,k-m}/a_{k,k-m}) \\ M_{k,k-m} &= - (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot y_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot y_s) \cdot (\omega_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot x_b \cdot y_b + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot x_s \cdot y_s) \cdot (\varphi_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum E'_{z,b} \cdot A_b \cdot y_b^2 + \sum E'_{z,s} \cdot A_s \cdot y_s^2) \cdot (\beta_{k,k-m}/a_{k,k-m}) \\ H_{k,k-m} &= - (\sum G'_{yz,b} \cdot A_b \cdot y_b + \sum G'_{yz,s} \cdot A_s \cdot y_s) \cdot (u_{k,k-m}/a_{k,k-m}) + \\ &+ (\sum G'_{yz,b} \cdot A_b \cdot y_b^2 + \sum G'_{yz,s} \cdot A_s \cdot y_s^2) \cdot (\alpha_{k,k-m}/a_{k,k-m}) \\ Q_{k,k-m} &= - (\sum G'_{yz,b} \cdot A_b + \sum G'_{yz,s} \cdot A_s) \cdot (u_{k,k-m}/a_{k,k-m})\end{aligned}\quad (6)$$

Данные соотношение (6) можно представлять в матричном виде, учитывая уравнения равновесия для нормального сечения элемента метода сосредоточенных деформаций

$$\{F\}_{k,k-m} = [\mathcal{E}]_{k,k-m} \cdot \{\lambda\}_{k,k-m} \quad (7)$$

где:  $\{F\}_{k,k-m}$  - вектор внутренних усилий в сечении (к, к-m);

$[\mathcal{E}]_{k,k-m}$  - матрица жесткости этого же сечения;

$\{\lambda\}_{k,k-m}$  - вектор соответствующих деформаций;

$(N_z, M_y, Q_x, M_x, H_z, Q_y)_{k,k-m}$  - внутренние усилия, действующие

$\varepsilon_z$  - продольная деформация по оси Z;

$k_x - k_y$  - кривизна этой же оси;

$\gamma_x - \gamma_y$  - усредненный сдвиг по сечению плиты;

$\rho_z$ —кривизна по оси Z.

Аналогично таким же образом соотношения для внутренних усилий можно записать и для других граней элемента метода сосредоточенных деформаций. Исходя из условия, учитывая взаимодействия смежных элементов метода сосредоточенных деформаций, строится и глобальная матрица уравнения равновесия  $[A]$  системы метода сосредоточенных деформаций.

**В третьей** главе развиваются экспериментальные и теоретические исследования сборного железобетонного плит перекрытия на действие длительной сосредоточенной нагрузки в середине пролета. Сборный железобетонный плит перекрытия был смонтирован из натуральных элементов заводского производства. Неупругая деформирования железобетона с трещинами, в виде метода сосредоточенных деформаций предложенная профессором А.Р. Ржаницыным, развитом доцентом М.И. Додоновым и профессором А.М. Зулпуевым для сборных железобетонных плит перекрытий, позволяют определить прочность и перемещений, для различных стадий напряженно-деформированного состояния начиная с момента загрузки и до разрушение (рис. 2).

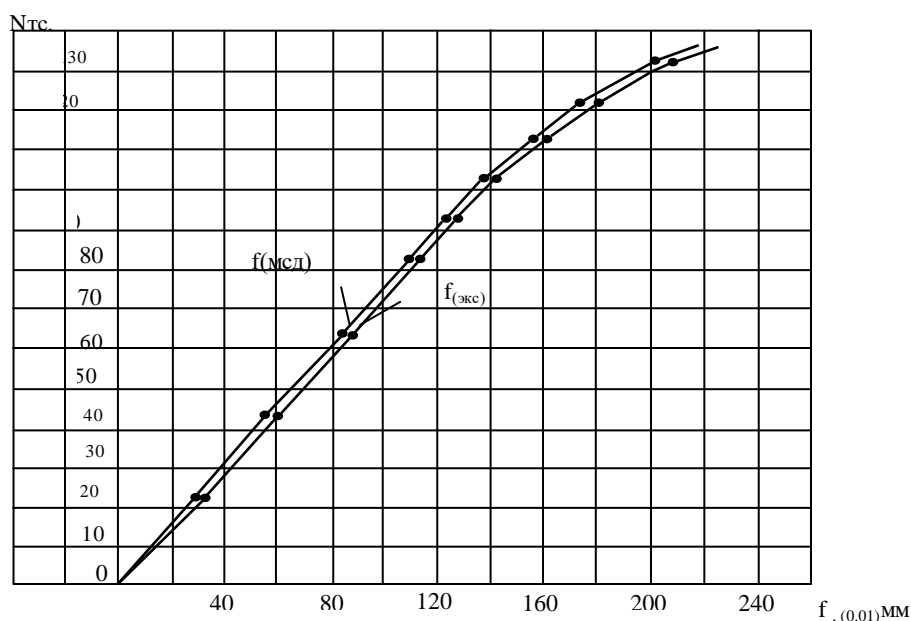


Рис. 2. Сборные железобетонные плиты перекрытия.

График зависимости перемещений  $N - f_{(экс)}$ ,  $N - f_{(мсл)}$ .

При длительном воздействии нагрузки развиваются деформации ползучести в бетоне сжатой и растянутой зоне и тем самым создаются предпосылки для проявления железобетоном нелинейных деформаций (рис. 3).

В связи с этим предлагается практический прием учета длительного действия нагрузки при расчете изгибаемых железобетонных плит по второй группе предельных состояний по перемещениям.

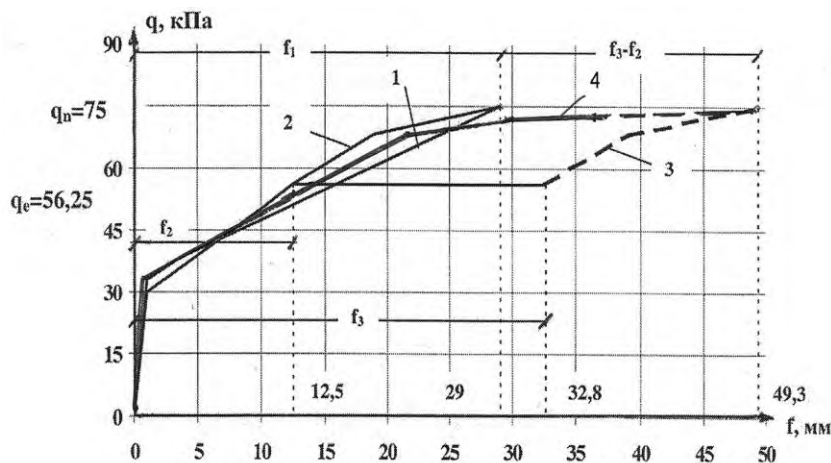


Рис. 3. Зависимость нагрузка – прогиб для плиты П-2:  
 1 – метод конечных разностей; 2 – метод конечных элементов;  
 3 – с учетом длительности внешнего воздействия;  
 4 – с учетом длительности по МСД.

В четвертой главе развиваются дискретные расчетные модели для нормальных сечений железобетонных стержней произвольной поперечной формы, позволяющие описывать в единой математической форме поведение бетона и арматуры в сечениях элементов на всех уровнях и длительностях нагрузки. Для оценки сборных железобетонных плит перекрытий, работающей в двух направлениях, был принят метод предельного равновесия. В наших случаях сборных железобетонных плит перекрытий был принят механизм возможных схем излома, показанный на рис. 4.

$$A_g + A_Q = A_m \quad (8)$$

где:  $A_g$  - работа равномерно распределенной нагрузки  $g$  от собственного веса плиты, приложенной в пределах фигуры возможные схема излома;

$A_Q$  - работа сосредоточенных сил  $Q$ ;

$A_m$  - работа изгибающих моментов  $m$  по линиям пластических деформаций.

Возможные схема излома сборных железобетонных плит перекрытий при других схемах закрепления на опорах и от внешней нагрузки. А также может быть, использовано на основе широких опытов над железобетонными плитами, работающими в двух направлениях, с гибкой арматурой.

Работа внутренних сил может быть выражена так:

$$A_Q = l_y \cdot [l_x/2 - (l_y \cdot \text{ctg}\alpha)/3] \cdot Q \quad (9)$$

$$A_m = 4 \cdot m_y \cdot \cos^2 \alpha \cdot (\text{tg}\alpha + \text{ctg}\alpha) + 4 \cdot m_x \cdot \sin^2 \alpha \cdot (\text{tg}\alpha + \text{ctg}\alpha) + 2 \cdot (m_y/l_y) \cdot (l_x - l_y \cdot \text{ctg}\alpha) \quad (10)$$

где:  $m_y$  - погонный изгибающий момент в направлении

короткого пролета;  
 $m_x$ - погонный положительный изгибающий момент в  
 направлении длинного пролета.

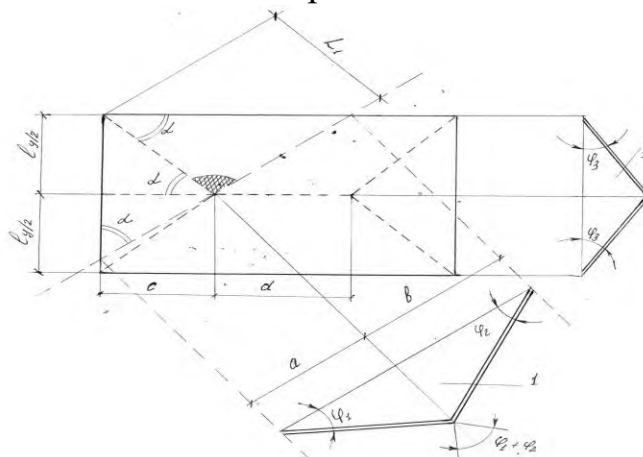


Рис. 4. Расчет сборных железобетонных плит перекрытий,  
 методом предельного равновесия

Изгибающий момент  $m_y$  и  $m_x$  вычисляется как для балочных плит по  
 СНиП 2.03.01–84\*. Несущая способность сборных железобетонных плит  
 перекрытий при условии  $f = 1$  определяется из формул (8) и (9):

$$Q = A_m - V \tag{11}$$

В выражениях для  $A_m$  и  $V$  содержатся геометрические параметры,  
 которые могут быть выражены через угол  $\alpha$  (рис. 5): Несущая  
 способность сборных железобетонных плит перекрытий определяется из  
 условия равенства работ внешних и внутренних сил

$$Q = [4 \cdot m_y \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) \cdot (\cos^2 \alpha + 1,79 \cdot \sin^2 \alpha) + \\ + 2 \cdot (m_y / l_y) \cdot (l_x - l_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha)] / [l_y \cdot (l_x / 2) - (l_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha) / 3] \tag{12}$$

В нашем случае при учете угла  $\alpha = 52,5^\circ$  получили из графика ( $Q - \alpha$ )  
 минимальная несущая способность  $Q$  (рис. 5) и по результатом расчета  
 метода сосредоточенных деформаций. При этом расхождение составляет в  
 пределах 4 – 13 %.

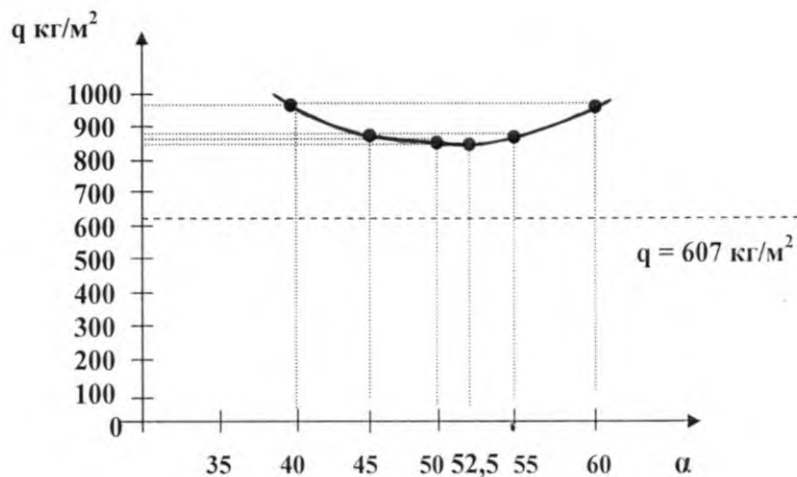


Рис. 5. График « $Q - \alpha$ » для определения минимальную несущую способность  $Q_{\min}$  при угла  $\alpha = 52,5^\circ$ .

Далее рассматривается определения прочность и перемещений сборных железобетонных плит перекрытий, учитывающей особенности их работы в составе несущих элементов многоэтажного здания, реализована алгоритм программ расчета на вычислительной технике, позволяющая рассчитывать при любых граничных условиях.

Отсюда можно сделать вывод, что методика нелинейного расчета сборных железобетонных плит перекрытий, при кратковременных и длительных нагрузках дает хорошие результаты по несущей способности. Вместе с тем вычисленные перемещения больше экспериментальных, что свидетельствует о значительном запасе прочности и жесткости сборных железобетонных плит перекрытий соответственно проведенного расчета по методу сосредоточенных деформаций.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа, научно обоснована и решена проблема дальнейшего совершенствования и развития конструктивных форм и методов расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, перспективностью, которой является разработка расчетных моделей, основанных на современном представлении о нелинейном деформировании железобетона с применением вычислительной техники.

2. Расчетная модель сборных железобетонных плит перекрытий, пространственная работающих в несущих системах многоэтажных зданий и сооружений, может быть реализована в условиях изгибного и плосконапряженного состояния.

3. Определение несущей способности сборных железобетонных плит перекрытий методом предельного равновесия сводится к выводу расчетных формул для всех разновидностей механизмов возможные схема излома участков с учетом особенностей их опорных условий и формы в плане.

4. Принятая методика расчета позволяет использовать реальные диаграммы деформирования бетона и арматуры с учетом длительности внешней нагрузки, учитывает нелинейность и неравномерность развития нормальных и касательных напряжений по высоте сечения элементов и закрепления на опорах в стесненных условиях, т.е. нормальных усилий.

5. Предлагаемый алгоритм программ расчета предоставляет возможность оценить напряженно-деформированное состояние сборных железобетонных плит перекрытий, как в упругой, так и в нелинейной стадии работы при различных уровнях и длительностях нагрузки.

6. Для сборных железобетонных плит перекрытий, работающих в многоэтажных зданиях и сооружениях, необходимо учитывать влияние

нормальных усилий в пределах  $h/4$  точки по высоте сечений от нижней части конструкций.

7. Результаты расчета с учетом реальных диаграммы деформирования бетона и арматуры с учетом длительности внешней нагрузки и закрепления на опорах в стесненных условиях, т.е. нормальных усилий хорошо согласуется с экспериментальными данными.

8. Из вышеизложенного анализа теоретических и экспериментальных исследований сборных железобетонных плит перекрытий, в многоэтажных зданиях и сооружениях показывает, что эти конструкции обладают значительными резервами прочности и жесткости.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С., Насиров М.Т. Расчет железобетонных перекрытий на статические воздействия с учетом длительности загрузки по методу сосредоточенных деформаций // Республиканский научно-теоретический журнал «Вестник». КРСУ. - Бишкек. Том 14, - № 7. - 2013. - С. 109-111.
2. Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С., Насиров М.Т. Расчет фрагмента междуэтажного железобетонного перекрытия на вертикальные нагрузки по методу сосредоточенных деформаций // Республиканский научно-теоретический журнал «Вестник». КРСУ. - Бишкек. Том 14, - № 7. - 2013. - С. 105-109.
3. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Метод сосредоточенных деформаций в расчетах железобетонных плит перекрытий в монолитных многоэтажных зданий // Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек. 1. - № - 2014. - С. 13-17.
4. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Расчет несущей способности монолитных железобетонных плит перекрытий, армированных профилированным настилом по кинематическим способом метода предельного равновесия // Республиканский научно-теоретический журнал «Известия». - Бишкек. - № 1. - 2014. - С. 5-9.
5. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Метод сосредоточенных деформаций в расчетах железобетонных систем многоэтажных зданий // Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». Бишкек. № 3. 2014. – С. 42-49.
6. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Расчетные модели несущих систем многоэтажных зданий // Республиканский научно-теоретический журнал «Известия». Бишкек. № 6. 2014. – С. 16-20.
7. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Прочность и перемещения сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений // Республиканский научно-теоретический журнал «Известия». Бишкек. №

6. 2014. –С. 40-44.
8. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Определение несущую способность сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений по методу предельного равновесия//Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новая технология». – Бишкек. – 2014. – № 4. – С. 48-52.
9. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Влияние нормальных усилий на работу статически неопределимых//Территория науки. Мультидисциплинарный научно-практический журнал. Воронежский экономика-правовой институт РФ. –Воронеж. - 2015. -№ 1. - С.45- 56 .
10. Зулпуев А.М., Насиров М.Т. Расчет перемещений плиты, подвергнутой изгибу и кручению, и построение аппроксимирующей зависимости «М-к» и «Н- φ»//Территория науки. Мультидисциплинарный научно-практический журнал. Воронежский экономика-правовой институт РФ. – Воронеж. - 2015. - № 3.– С.45- 56 .
11. Насиров М.Т. Экспериментальные и теоретические исследования предельные состояния сборных железобетонных плит перекрытия, при длительного воздействия вертикальной нагрузки//Научно-технический журнал СамГАСИ. Выпуск серии № , 2015 г., Самарканд, - 2015. - С. .

**Личный вклад автора.** Работы [11] написаны лично автором. В работах, опубликованных в соавторстве, автору принадлежат: постановка научной задачи, пути и методы ее решения, анализ экспериментальных результатов и выводы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8,9 и 10].

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Насирова Мыктыбека Тургунбаевича на тему: «Прочность и перемещения сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения**

*Ключевые слова: метод сосредоточенных деформаций, дискретные расчетные модели, фиктивные и собственные связи, учет реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры при воздействия длительной нагрузки, учет нормальных усилий.*

Целью диссертационной работы являются развитие дискретных расчетных моделей для сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, составление алгоритмов и программ с использованием вычислительной техники. В качестве объекта исследования рассматриваются расчет сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений на основе метода сосредоточенных



деформаций. В работе реализован метод сосредоточенных деформаций для расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, учитывающий реальные диаграммы нелинейного деформирования бетона и арматуры при воздействии длительной нагрузки.

По результатам работы произведено дискретные нелинейные расчетные модели и алгоритмы, обеспечивающих получение экономичных проектных решений для сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений.

**А. М. Зулпуевдин «Көп кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы даярдалган темир-бетон жабдуу плиталарынын ийилгичтиги жана жүк көтөрүмдүүлүгү» темасында, 05.23.01 – курулуш конструкциялары, имараттар жана ири имараттар, адистигинин техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн диссертациясы боюнча**

### **РЕЗЮМЕСИ**

*Негизги сөздөр: топтолгон деформациялар методу, дискрет эсептөө модели, фиктивдүү жана өздүк байланыштар, ар кандай узак жүк көтөрүү мөөнөттөгү бетон жана арматура деформациялануудагы реалдуу диаграмманы эске алуу, нормалдуу күчтү эске алуу.*

Диссертация ишинин максаты көп кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы даярдалган темир-бетон жабдуу плиталарынын ийилгичтиги жана жүк көтөрүмдүүлүгү үчүн дискрет эсептөө моделини иштеп чыгуу, эсептөө техникасын колдонуу менен алгоритм жана программа түзүү. Изилдөө объектиси катары көп кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы даярдалган темир-бетон жабдуу плиталарынын ийилгичтиги жана жүк көтөрүмдүүлүгүн, топтолгон деформациялар методунун негизинде эсептөө каралган. Бул иште кып кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы даярдалган темир-бетон жабдуу плиталарынын ийилгичтиги жана жүк көтөрүмдүүлүгү үчүн ар кандай узак жүк көтөрүү мөөнөттөгү, бетон жана арматуранын ийилген сызык деформациялары үчүн реалдуу диаграммасын эске алуу менен топтолгон деформациялар методу иштелип чыгылды.

Изилдөөнүн жыйынтыгында дискрет ийилген сызык эсептөө моделдери жана алгоритмдери аркылуу, көп кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы даярдалган темир-бетон жабдуу плиталарынын ийилгичтиги жана жүк көтөрүмдүүлүгү үчүн, үнөмдүү конструктивдүү чечимдерди кабыл алуу мүмкүнчүлүгү иштелип чыгылган.

## **RESUME**

on the dissertation work of Nasyrov Myktybek Turgunbaevich on the subject «Durability and shifts of combined armoured concrete slabs of multi-storeyed buildings and structures on speciality 05.23.01 “Building constructions and structures”.

Key words: method of concentrated deformations, discrete calculating models, fictitious and proper connections, calculation of real diagrams of concrete and armature deformations at long-time load influence, calculation of normal strengths.

The aim of this dissertation work is working out of discrete calculating models for combined armoured concrete slabs of the floor of multi-storeyed buildings and structures, making the algorithm and programmes using calculating technics. The object of the research is calculating the combined armoured concrete floor of multi-storeyed buildings and structures by method of concentrated deformations. This work realizes the method of concentrated deformations for calculating the combined armoured concrete slabs of the floor of multi-storeyed buildings and structure at long-time load influence.

According to the research results the discrete non-linear calculating models and algorithms are worked out to provide getting the economic project decisions for combined armoured concrete slabs of the floor of multi-storeyed buildings and structures.

НАСИРОВ МЫКТЫБЕК ТУРГУНБАЕВИЧ

**ПРОЧНОСТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СБОРНЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ  
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

05.23.01- Строительные конструкции, здания и сооружения

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Формат (60x84) 1/16. Объем печ. л. 1,25.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 120 экз. Формат 60x84/16.

---

720020, Бишкек, ул. Малдыбаева 34 б, Кыргызский государственный  
университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

---