

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. ИСАНОВА**

На правах рукописи
УДК 624.012.35+624.012.45

ЗУЛПУЕВ АБДИВАП МОМУНОВИЧ

**ТЕОРИЯ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
В РАСЧЕТАХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

05.23.01–строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек – 2013



Работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и Кызылкийском институте технологии, экономики и права Баткенского государственного университета.

Научный консультант

доктор технических наук, профессор

Абдыкалыков А.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Беспаяев А.А.

доктор технических наук, профессор

Байтурсунов Д.М.

доктор технических наук, профессор

Ашрабов А.А.

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный институт (ТАСИ)

Защита состоится 29 марта 2013 г. в 14:00 часов на заседании специализированного совета Д.05.12.006 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 11.05.12 г. № 15 по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б, 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 «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь

специализированного совета

кандидат технических наук, доц.

Ильченко Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Прогнозы на будущее показывают, что концентрация населения вокруг мегаполисов является закономерным, объективным и глобальным процессом, связанным с ростом народонаселения и развитием производительных сил.

Разумеется, что в условиях природной ограниченности земли и все возрастающей ее стоимости города не могут безгранично расплзаться вширь, они растут и будут расти вверх за счет повышения этажности жилых, гражданских и общественных зданий.

С ростом этажности здания становятся сложными и ответственными сооружениями. Об их ответственности говорит тот факт, что в жилом или административном высотном здании одновременно пребывают тысячи людей, жизнь и благополучие которых непосредственно зависят от знания и умения проектировщиков и строителей, осуществляющих эти сооружения.

Несущие системы современных железобетонных многоэтажных зданий образуются из стержневых и плоскостных элементов, общее число которых может составлять многие сотни и тысячи. Надежная работа отдельных элементов и их совокупности должна быть обеспечена расчетом на все нагрузки и воздействия в стадии изготовления, монтажа и эксплуатации.

В этих расчетах наиболее ответственным этапом является построение расчетных моделей для отдельных элементов несущих систем в целом. Расчетные модели должны отвечать двум диалектически противоречащим требованиям: с одной стороны, расчетная модель должна наиболее адекватно отражать свойства моделируемого элемента несущей системы, с другой стороны, она должна быть проста и легко реализуема с применением вычислительных средств.

Различные исследователи могут предлагать существенно различные математические модели для описания одной и той же системы, и здесь нельзя указать простого и четкого критерия для их дискретизации. Хорошо воспринимаются лишь те модели, которые попадают в резонанс с интуитивными представлениями о природе рассматриваемой системы.

В настоящее время для несущих систем многоэтажных зданий чаще всего применяются два типа расчетных моделей: дискретно-континуальные и дискретные.

Тенденции дальнейшего совершенствования железобетонных конструкций несущих систем многоэтажных зданий требуют соединения в расчетных моделях теории нелинейного деформирования железобетона с методами строительной механики и вычислительной техники для получения исчерпывающих и достоверных сведений о напряженно-деформированном состоянии в элементах и соединениях, несущих системах в целом, на основа-

Автор выражает благодарность ректору КГУСТА им. Н. Исанова доктору технических наук, профессору Абдыкалыкову А.А., заведующему кафедрой «Железобетонные конструкции» кандидату технических наук, и.о. профессора К. Темикееву за ценные советы, предложения и замечания, сделанные ими при подготовке данной диссертационной работы.

нии чего могут быть запроектированы и осуществлены на практике экономичные и надежные конструктивные решения многоэтажных зданий.

Целью работы является развитие теории упругих сосредоточенных деформаций проф. А.Р.Ржаницына и разработка на ее основе дискретных расчетных моделей для расчета несущих систем многоэтажных зданий, возведенных из железобетона; составление алгоритмов и программ для ЭВМ; проведение экспериментальных исследований на фрагментах из натуральных железобетонных элементов для решения вопроса о достоверности полученных результатов расчета по предлагаемым методам расчета.

Научную новизну составляют:

- развитие метода сосредоточенных деформаций (МСД) для расчета стержневых, плосконапряженных и изгибаемых железобетонных конструкций несущих систем многоэтажных зданий, учитывающий реальные диаграммы нелинейного деформирования бетона и арматуры при различной длительности нагружения;

- методы получения матриц жесткости для железобетонных конструкций при различных видах напряженно-деформированного состояния и длительности нагружения, обеспечивающие научно-методическую совокупность в решении расчетных задач различных типов;

- данные результатов экспериментальных исследований фрагментов железобетонных перекрытий из натуральных элементов на вертикальные и горизонтальные воздействия, отражающие реальные условия работы конструкций в системе многоэтажных зданий;

- новые данные расчетов с привлечением вычислительной техники, учитывающие реальные диаграммы деформирования бетона и арматуры различных элементов несущих систем по методу сосредоточенных деформаций (МСД) и результаты их сопоставлений с данными натуральных экспериментов и другими расчетными методами;

- новая расчетная модель, учитывающая влияние податливости связи между отдельными сборными железобетонными элементами на общее напряженно-деформированное состояние системы в целом и дающая реальную их картину при любом уровне загрузки.

На защиту выносятся:

- дискретные расчетные модели для железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий, позволяющие в условиях учета реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры получить исчерпывающую и достоверную информацию о напряженно-деформированном состоянии на различных стадиях их работы и отличающиеся общностью, математической простотой, компактностью и удобством реализации на современной вычислительной технике;

- методы учета деформирования расчетной схемы железобетонных стержневых и плоскостных конструкций, сводящиеся к итерационной корректировке векторов внешних сил одновременно с корректировкой матриц жесткости при учете физической и геометрической нелинейности;

–методика экспериментальных исследований фрагментов междуэтажных перекрытий из натуральных образцов с учетом совместной работы отдельных элементов в условиях нелинейности, на действие вертикальных и горизонтальных статических нагрузок и методика определения усилий распора;

– результаты расчетов на современной вычислительной технике на прочность, деформации и перемещения железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий в условиях учета реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры и сопоставления их с данными эксперимента на натуральных образцах и данными, полученными другими расчетными методами;

– расчетная модель, учитывающая влияние податливости связи между отдельными сборными железобетонными элементами на общее напряженно-деформированное состояние системы в целом и дающая реальную их картину при любом уровне загрузки.

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

Практическая ценность. Разработанные дискретные нелинейные расчетные модели, алгоритмы и рекомендации по методике испытаний фрагментов сборных железобетонных перекрытий из натуральных элементов обеспечивают получение экономичных проектных решений для стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий; результаты проведенных исследований получили применение в проектной и научно-исследовательской работах и используются в учебном процессе при подготовке специалистов по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

По результатам исследований разработаны нормативные документы «Рекомендации по проектированию сборных железобетонных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами» (согласовано за № ОЮ/04-747 от 02.03.07 г. ГосархитектстройПУз, Ташкент, 2007 г.) и «Руководство по применению программы DIRAR для нелинейного расчета железобетонных конструкций методом сосредоточенных деформаций», (г. Бишкек, 07.03.07 г., приказ № 14-ПР (ОН)).

Применение рекомендаций по проектированию сборных железобетонных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами с использованием в них обычной и высокопрочной арматуры позволяет сократить расход металла на единицу сборного железобетона до 30 %.

Достоверность результатов. Основные положения методики расчета железобетонных стержневых и плоскостных конструкций по методу сосредоточенных деформаций основываются на экспериментальных данных на натуральных образцах; деформативных и прочностных характеристиках

материалов конструкций и их узловых соединений. Большинство расчетов реализовано в числовых примерах, и проведено широкое сопоставление результатов вычислений с данными, полученными опытным путем или другими расчетными приемами.

Внедрение результатов. Результаты теоретических положений по развитию методики расчета по методу сосредоточенных деформаций и разработанный на их основе пакет прикладных программ для расчета железобетонных стержневых и плоскостных конструкций используются с 2004 года в Ошском филиале Кыргызского научно-исследовательского проектного института по архитектуре и градостроительству и Главном управлении архитектуры и строительства в южном регионе Кыргызской Республики, ОАО «Промпроект» и ОАО «Кыргызгипрострой» города Бишкек.

С 2006 года они включены в учебный процесс строительного факультета КГУСТА им. Н. Исанова, инженерно-строительного факультета Ошского технологического университета для специальностей «Промышленное и гражданское строительство», «Автомобильные дороги и аэродромы» и «Экспертиза и управление недвижимостью». Предложенная методика расчета с пакетом прикладных программ для расчета железобетонных конструкций используется при выполнении курсового и дипломного проекта, в научно-исследовательской работе студентов и применена при выполнении госбюджетных и хоздоговорных научно-исследовательских работ.

С 2000 года предложенный пакет прикладных программ используется в ООО «Ферганагражданпроект» для расчета сборных железобетонных плит перекрытий. В 2007 году в Госархитектуре РУз внедрены рекомендации по проектированию сборных железобетонных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами для проектного института ЗАО «УзЛИТТИ».

В КыргызНИИП сейсмостойкого строительства при Госагентстве архитектуры Кыргызской Республики в 2007 году внедрено «Руководство по применению программы DIRAR для нелинейного расчета железобетонных конструкций методом сосредоточенных деформаций».

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались: на XV научно-производственном региональном совещании-семинаре «Автоматизация проектирования и исследований железобетонных конструкций многоэтажных зданий» в г. Львов в 1989 году; на Всесоюзном координационном совещании «Экономичное армирование железобетонных конструкций» в г. Фрунзе в 1990 году; на Межгосударственной научно-технической конференции «Строительные конструкции и перспективы их развития», «Теория и практика», в г. Москве в 1992 году; на Международной научно-теоретической конференции «Решение проблемных вопросов теории механизмов и машин» в г. Фергана в 1994 году; на Международной научно-теоретической конференции «Современные методы и средства информационных

технологий» в г. Ош в 1995 году; на Республиканской научно-технической конференции

«Ахборотваишлабчиқариштехнологияларинингилгорусулларинингтаджикоти ватехникаси» в г. Фергана в 2003 году; на региональной научно-практической конференции «Кыргызская государственность и наука в новом столетии» в г. Сулюкте в 2003 году; на научно-практической конференции «Проблемы инновационных технологий», посвященной 10-летию КИТЭП БатГУ в г. Кызыл-Кия в 2005 году.

Публикации. Основное содержание работы изложено в трех монографиях, опубликовано в 31 работах, важнейшие из них помещены в списке литературы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, основных выводов, списка литературы и приложений. Общий объем работы 305 страниц (без приложений), в том числе: 110 рисунков, 82 таблицы, библиография из 402 наименований.

Содержание работы.

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

В настоящее время в литературе установилась следующая классификация расчетных моделей для несущих систем многоэтажных зданий: континуальная, дискретно-континуальная и дискретная.

Континуальные модели, в которых здание представляется сплошной многоконтурной (многосвязной) призматической оболочкой, не получили широкого распространения из-за специфики моделируемых несущих систем многоэтажных зданий. Многоэтажные здания представляют совокупность дискретно расположенных элементов, объединенных податливыми связями и изрезанными оконными и дверными проемами. В этой модели приходится делать двойной переход, вначале континуализируя дискретные признаки несущей системы, а затем вновь дискретизируя полученные результаты.

Таким образом, дискретно-континуальная расчетная модель оказалась достаточно жизнеспособной, плодотворной и перспективной; ее потенциальные возможности, видимо, будут развиваться и в будущем. Вместе с тем, можно полагать, что дискретно-континуальные расчетные модели будут, по мере развития вычислительной техники, все чаще заменяться дискретными расчетными моделями вследствие большей общности, универсальности и хорошей математической обеспеченности последних.

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.

Метод сосредоточенных деформаций (МСД) является одним из численных методов решения расчета статически неопределимых стержневых и плоскостных систем, идея МСД раскрывается вначале на стержневых упругих элементах, имеющих постоянные поперечные сечения с плоскостью симметрии, в которой действуют векторы внешних сил (рис.1); условия опирания по длине и на концах могут быть произвольными, в том числе и податливыми с известными характеристиками жесткости опорных устройств.

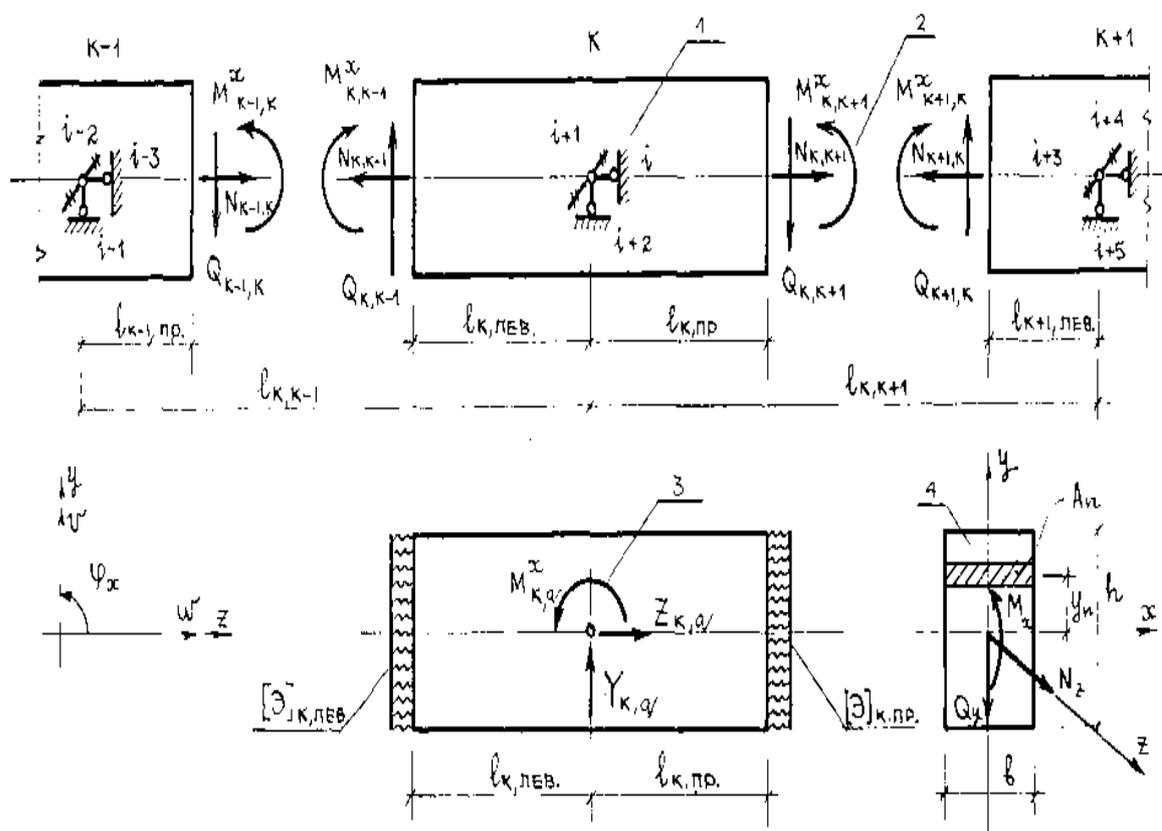


Рис. 1. Расчетная модель метода сосредоточенных деформаций для упругого стержня постоянного сечения:

1 – связи метода перемещений, 2 – внутренние силы, 3 – нагрузка, 4 – поперечное сечение

Сущность метода сосредоточенных деформаций (МСД) состоит в том, что исходный стержень делится на элементы, по плоскостям раздела между которыми сосредотачиваются деформации прилегающих элементов. По-другому можно сказать так: исходный деформируемый стержень делится на элементы, превращаемые в жесткие и соединенные между собой податливыми связями, характеристики податливости (жесткости) которых должны сохранять свойства исходного стержня.

Основное достоинство метода сосредоточенных деформаций – простота формирования матриц жесткости сечений, элементов, стержневых систем из них; при этом элементами матриц жесткости сечений служат балочные жесткостные характеристики, (изгибная, осевая и т.д.).

Другим достоинством метода сосредоточенных деформаций является четкое деление сложного напряженно-деформированного состояния на элементарные составляющие (изгиб, сжатие-растяжение и т.д.).

Третьим достоинством метода сосредоточенных деформаций является простота учета податливости соединений между элементами или в опорных устройствах, это имеет значение при расчете сборно-монолитных или составных конструкций.

Четвертым достоинством метода сосредоточенных деформаций в развиваемом здесь направлении является широкое использование гипотезы плоских сечений. Это обстоятельство позволяет резко снизить число элементов МСД по сравнению с обычными применяемыми числами метода конечных элементов без потери точности в описании напряженно-деформированного состояния на участках значительной протяженности.

Однако метод сосредоточенных деформаций ориентирован прежде всего на расчет элементов с учетом реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры при различных длительностях загрузки; в этом случае необходимо для учета меняющейся по длине жесткости делить стержни так же, как при обычном варианте метода конечного элемента; поэтому в этом случае метод сосредоточенных деформаций и обычный метод конечных элементов близки между собой в смысле необходимой степени дискретизации. Вместе с тем, при учете нелинейности железобетонных стержней в обычном методе конечных элементов элементы матрицы жесткости приходится отыскивать в главных центральных осях, меняющих свое положение в зависимости от уровня напряженно-деформированного состояния и длительности загрузки. В методе сосредоточенных деформаций матрицы жесткости элементов строятся непосредственно на основе матриц жесткости сечений в неизменных координатных осях без перехода к центральным осям сечений. Это обстоятельство свидетельствует о значительном достоинстве метода сосредоточенных деформаций.

Перейдем к выводу соотношений между внутренними силами и перемещениями в элементах метода сосредоточенных деформаций.

Будем полагать, что продольные деформации ε_z , кривизны K_x и углы γ_y постоянны на длинах, равных расстояниям от плоскостей разрезки исходного стержня на элементы до мест приложения фиктивных связей метода перемещений (рис.1).

Тогда перемещения поперечных сечений элементов МСД по плоскостям разрезки будут связываться с деформациями в следующем виде:

$$\omega_{к.пр} = \varepsilon_z \times l_{к.пр}; \quad \varphi_{к.пр} = K_x \times l_{к.пр}; \quad v_{к.пр} = \gamma_y \times l_{к.пр}, \quad (1)$$

где $w_{к.лр}$ – перемещение вдоль оси Z;

$\varphi_{к.лр}$ – угол поворота;

$v_{к.лр}$ – перемещение по вертикали вследствие сдвига.

Учитывая формулу (1), запишем

$$\{F\}_{k,k+1} = [C]_{к.лр} \times l_{к.лр}^{-1} \times \{v\}_{к.лр}, \quad (2)$$

где $\{F\}_{k,k+1}$ – вектор внутренних сил;

$[C]_{к.лр}$ – матрица жесткости сечений;

$\{v\}_{к.лр}$ – вектор перемещений правого конца к-го элемента;

$[C]_{к.лр} \times l_{к.лр}^{-1} = [\mathcal{E}]_{к.лр}$ – элементная матрица.

В данном случае точность метода сосредоточенных деформаций можно оценить на балках, для которых имеются аналитические решения и справочные таблицы.

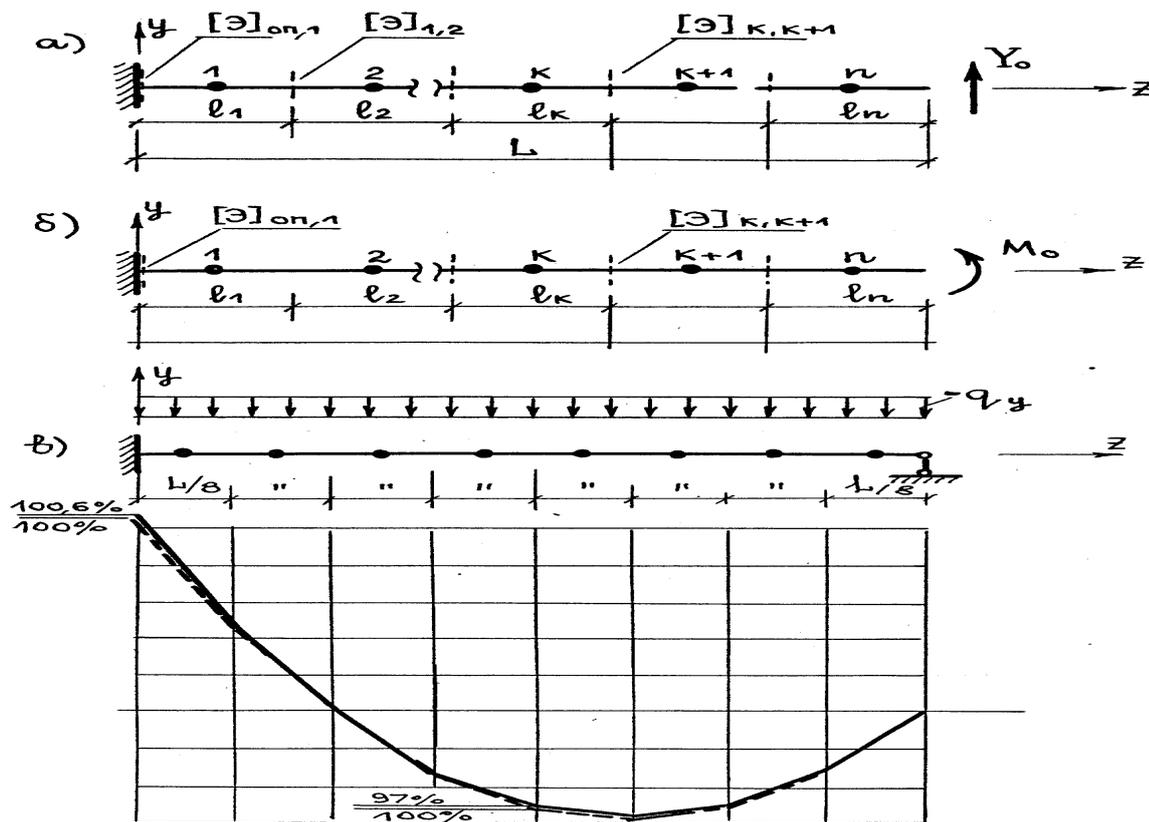


Рис. 2. Примеры расчета стержней для оценки точности МСД:
 а – консольный стержень с поперечной силой на конце, б – консольный стержень с изгибающим моментом на конце, в – балка с распределенной нагрузкой и график прогиба

Например: консольный стержень (рис. 2, а), нагруженный на конце, с сосредоточенной силой Y_0 . Вычислим прогибы на конце стержня и сопоставим их с аналитически найденными. При этом пренебрежем влиянием деформаций сдвига.

Изогнутая ось такого стержня по модели метода сосредоточенных деформаций будет иметь вид многоугольника, сторонами которого являются элементы МСД длиной $l=L/n$, где n – число элементов МСД. Расчеты показали хорошую сходимость уже при $n=4$.

В третьей главе развиваются дискретные расчетные модели для нормальных сечений железобетонных стержней произвольной поперечной формы (рис.3), позволяющие описывать в единой математической форме поведение бетона и арматуры в сечениях элементов на всех уровнях и длительностях нагружения.

Настоящее исследование стержневых элементов и систем обладает некоторыми вышеуказанными признаками и строится на следующих положениях:

- продольные деформации бетона и арматуры в нормальных сечениях распределяются по закону плоского деформирования (гипотезы плоских сечений) на всех уровнях нагружения;
- продольные деформации и соответствующие им нормальные напряжения в бетоне и арматуре принимаются „средними“;
- в расчеты вводятся полные диаграммы „ $\sigma - \varepsilon$ “ для бетона и арматуры, включая нисходящие ветви, получаемые при их одноосном нагружении на эталонных образцах при различных длительностях внешнего воздействия;
- поперечные сечения могут иметь любую форму (прямоугольник, тавр, круг, толстостенное кольцо, двутавр, швеллер и т.д., рис.3);
- в расчетах нормальные сечения задаются в дискретной форме – совокупностью элементарных участков бетона A_{bn} и арматуры A_{sk} , геометрия и размеры которых зависят от конкретной ситуации;
- напряжения в бетоне σ_{bn} и арматуре σ_{sk} на соответствующих элементарных площадках распределяются равномерно;
- в нормальных сечениях может размещаться арматура разных классов, обычная и напрягаемая (смешанное армирование), а также бетоны разных классов (многослойные конструкции) при надежной их совместной работе;
- уравнения равновесия записываются в единообразной форме, независимо от характера внешних сил в сечении, его геометрии уровня напряженно-деформированного состояния.

Важным является вопрос о степени дискретизации: она должна быть оптимальной, чтобы сохранить все геометрические характеристики моделируемого исходного сечения в пределах необходимой точности расчета и в то же время по возможности с малым числом элементарных площадок для сокращения объема вычислений.

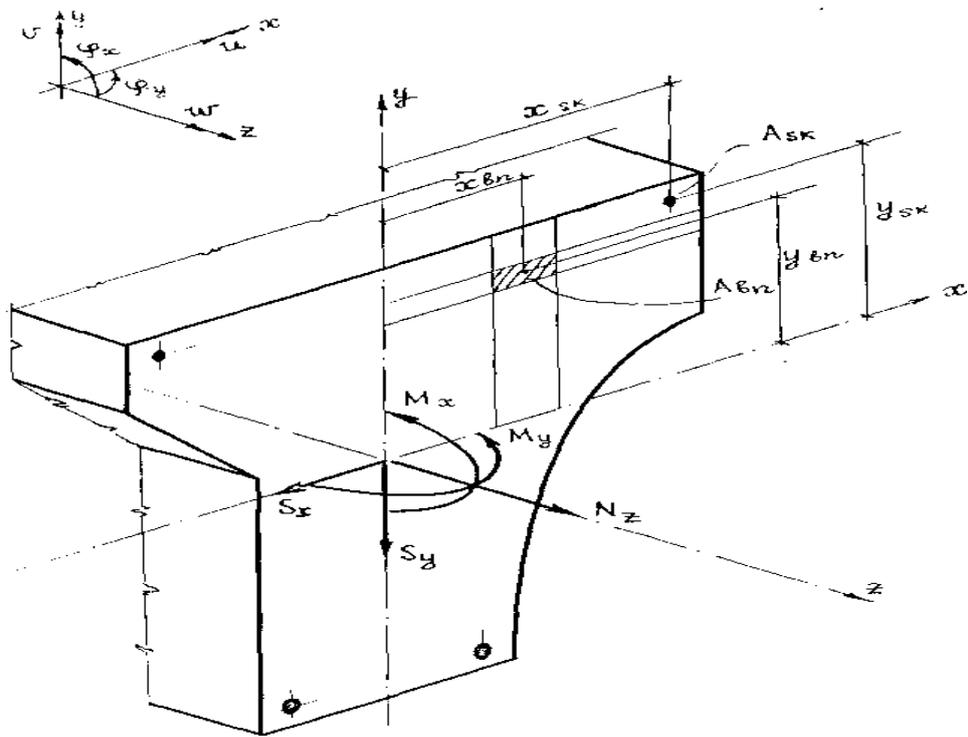


Рис. 3. Дискретная расчетная модель для нормального сечения произвольной поперечной формы

В четвертой главе рассматриваются плосконапряженные железобетонные конструкции многоэтажных зданий.

В несущих системах многоэтажных зданий плоско напряженными железобетонными элементами могут быть стенки диафрагм жесткости при расчете их на вертикальные и горизонтальные нагрузки без учета кручения здания. Плосконапряженное состояние испытывают наружные и внутренние стены в панельных и монолитных зданиях; по схеме плоско-напряженного состояния могут рассчитываться сборные и монолитные диски перекрытий многоэтажных каркасных зданий при работе их в своей плоскости на действие горизонтальных нагрузок. В некоторых случаях по плосконапряженной модели целесообразно рассчитывать надпроемные перемычки многоэтажных зданий, рассматривая их как балки-стенки, работающие в своей плоскости.

Исходная железобетонная плоская несущая система разбивается плоскостями сосредоточенных деформаций на прямоугольные (или иной формы) элементы, причем целесообразно плоскости сосредоточенных деформаций совмещать с реальными швами между сборными железобетонными элементами: горизонтальными и вертикальными швами в панельных сборных стенах, межплитными швами в сборных перекрытиях и т.д.

Например: консольная балка, носразбивкой на $10 \cdot 20 = 200$ элементов МСД, загружена по торцу сдвигающими напряжениями, распределенными по закону квадратной параболы (рис. 4).

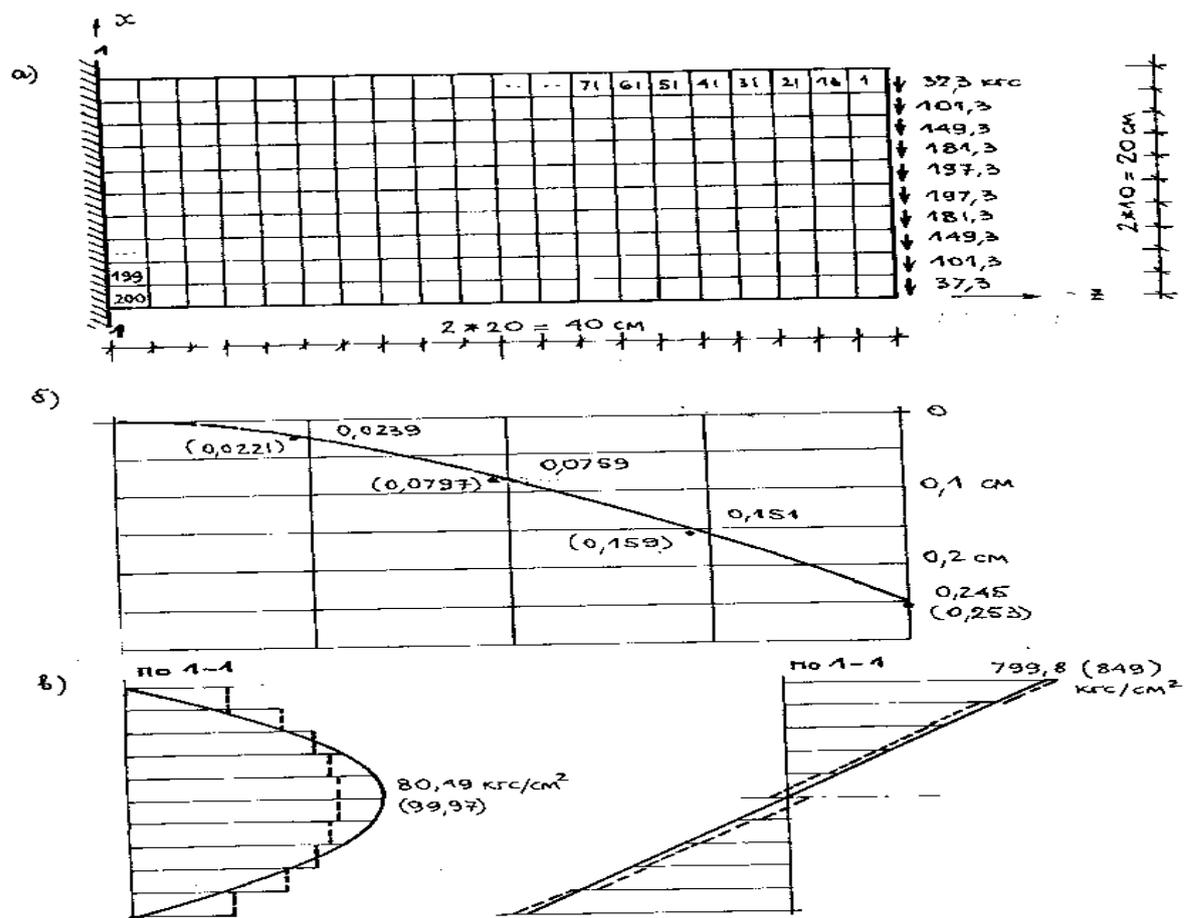


Рис. 4. Расчет консольной балки-стенки: а – схема МСД, б– прогибы, в – касательные и нормальные напряжения

Из рис. 4, б видно, что вычисленные по МСД прогибы хорошо согласуются с полученными по формулам теории упругости; то же можно сказать о нормальных напряжениях (рис. 4, в); касательные напряжения сблизились с вычисленными по формулам теории упругости.

Другой пример: десятиэтажная двухстолбовая диафрагма жесткости загружена горизонтальной нагрузкой (рис.5). Требуется вычислить усилия и горизонтальные перемещения по МСД и сопоставить их с полученными по дискретно-континуальной модели.

Разбивка диафрагмы на элементы МСД выполнена согласно рис. 5, б (всего получено 160 элементов МСД).

На рис. 5, в приведены эпюры нормальных сил в столбах (ступенчатая линия) по МСД, здесь же даны нормальные силы по дискретно-континуальной модели; можно говорить о достаточной близости значений нормальных сил на уровнях всех этажей.

На рис. 6, а приведены прогибы этой же диафрагмы, вычисленные по МСД (штриховые линии) и по дискретно-континуальной модели; прогибы практически одинаковы, то же можно сказать и об изгибающих моментах

(рис. 6, б). Таким образом, по результатам расчета прогиба и изгибающих моментов можно сделать выводы о запасе прочности.

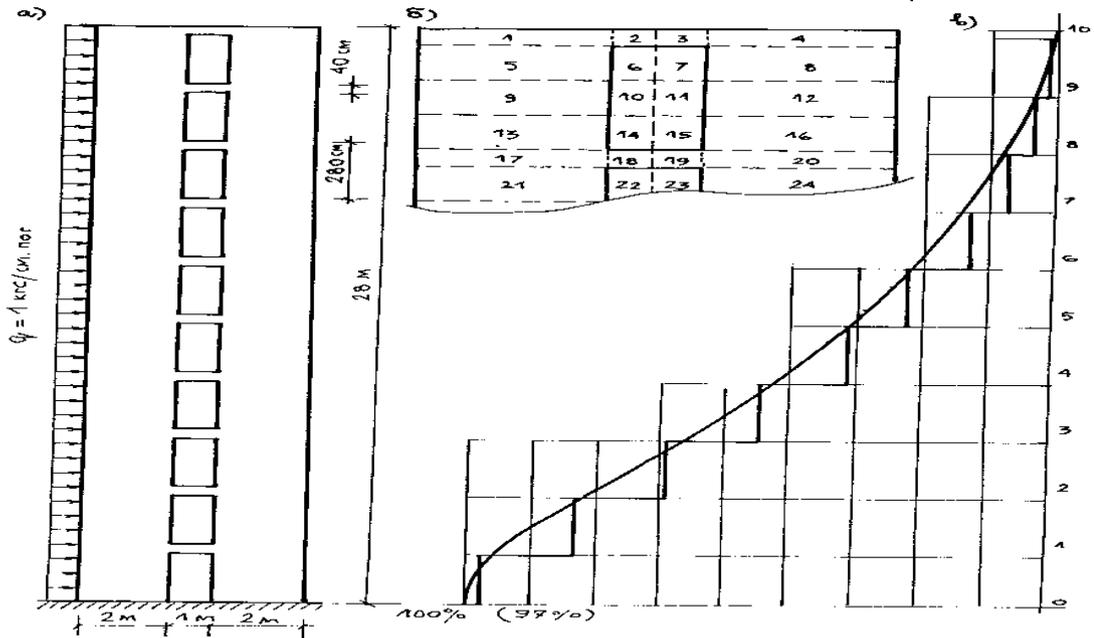


Рис. 5. Десятиэтажная диафрагма жесткости: а – исходные данные, б – расчетная схема МСД, в – нормальные силы в столбах

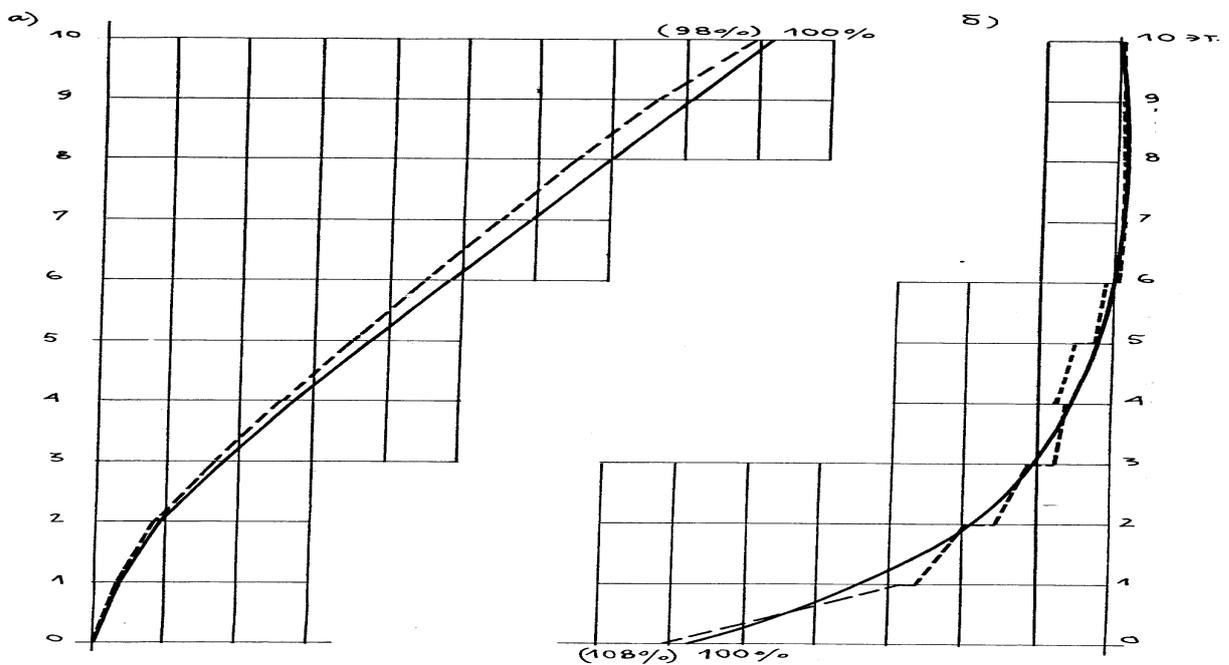


Рис. 6. Десятиэтажная диафрагма жесткости: а – прогибы, б – изгибающие моменты в столбах

В пятой главе исследуются пространственно-деформируемые железобетонные конструкции в несущих системах многоэтажных зданий.

Изгибное напряженное состояние в плоскостных железобетонных элементах несущих систем в чистом виде практически не встречается; оно обычно сопровождается компонентами плоского напряженного состояния.

Компоненты плоского напряженного состояния в изгибаемых плитах развиваются не только вследствие приложения нагрузок в плоскости плит, но также из-за сдерживания деформаций при стесненных условиях опирания (эффект распора) и развития геометрической и физической нелинейности.

Рассмотрим вначале изгибаемую плиту постоянной толщины, изотропную в упругой стадии работы без реальных швов. Исходная изгибаемая железобетонная плита перекрытия сплошного сечения развивается плоскостями сосредоточенных деформаций на прямоугольные (квадратные) элементы размером $a_k \cdot b_k$.

Рассматривая эти «элементы МСД» как жесткие на изгиб, кручение и сдвиг (срез), из своей плоскости и в своей плоскости введем между ними условные (фиктивные) связи, способные сопротивляться изгибу, кручению, сдвигу и сжатию-растяжению; характеристики жесткости этих связей должны быть назначены такими, чтобы исходная плита и ее модуль МСД были эквивалентными, т.е. при действии нагрузки давали одинаковые прогибы, углы поворота, величины изгибающих и крутящих моментов и поперечных (перерезывающих) сил в интересующих сечениях.

Напряженно-деформированное состояние железобетонных плит раскрывается из системы алгебраических линейных уравнений метода перемещений в общей форме

$$[R] \times \{V\} = \{P\}, \quad (3)$$

где $[R]$ – матрица внешней жесткости для всей рассчитываемой системы; ее элементы $R_{i,j}$ – реакция в i -й связи метода перемещений от смещения j -й связи на единицу;

$\{V\}$ – вектор искомых перемещений, его элементы – перемещения элементов МСД (по два угловых и одному линейному для каждого);

$\{P\}$ – вектор нагрузок, его элементы – сосредоточенные силы и изгибающие моменты, действующие в узлах закрепления элементов МСД.

По перемещениям на основе общих зависимостей определяются внутренние силы

$$\{F\} = [\mathcal{E}] \times \{\lambda\}, \quad (4)$$

где $\{F\}$ – вектор внутренних сил, элементами которого являются внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций (изгибающий момент M , крутящий момент H и поперечная сила Q с каждой из четырех сторон элемента МСД);

$[Э]$ – матрица внутренней жесткости системы, ее элементы – внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций от единичного взаимного смещения соседних элементов МСД;

$\{\lambda\}$ – вектор сосредоточенных деформаций (взаимных смещений и поворотов элементов МСД).

Для всех сечений элементов МСД по плоскостям сосредоточенных деформаций принимается гипотеза плоских сечений.

Система алгебраических уравнений (3) решается относительно вектора перемещений $\{v\}$. Для этого должны быть известны матрица внешней жесткости $[R]$ и вектор узловых нагрузок $\{P\}$.

Имея расчетную модель, без особых затруднений можно составить вектор внешних сил $\{P\}$. Основная трудность заключается в формировании матрицы внешней жесткости системы $[R]$. Для ее построения можно применить способ единичных перемещений элементов МСД в направлении наложенных связей.

Однако, как показала практика, удобнее воспользоваться формулой

$$[R] = [A] \times [K] \times [A]^T, \quad (5)$$

где $[A]$ – матрица коэффициентов уравнений равновесия элементов МСД;

$[A]^T$ – матрица, транспонированная с матрицей коэффициентов уравнений равновесия $[A]$;

$[K]$ – матрица внутренней жесткости сечений. Согласно формуле (4) связь между внутренними усилиями по плоскостям сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями для типового k -го элемента МСД запишем в матричном виде

$$\{F\}_k = [Э]_k \times \{\lambda\}_k, \quad (6)$$

где $\{F\}_k$ – вектор внутренних сил по граням k -го элемента по плоскостям сосредоточенных деформаций;

$[Э]_k$ – матрица жесткости сечений для k -го элемента по тем же граням;

$\{\lambda\}_k$ – вектор соответствующих деформаций.

В случае сборных и монолитных железобетонных плитных конструкций, работающих и в условиях действия распорных усилий (рис. 7), осложнения вызываются тем, что сечения по плоскостям сосредоточенных деформаций являются комплексными (включают бетон, арматуру и реальные связи), кроме того известно, что бетон и сталь, как правило, работают не упруго даже при относительно невысоких и непродолжительных внешних нагрузках.

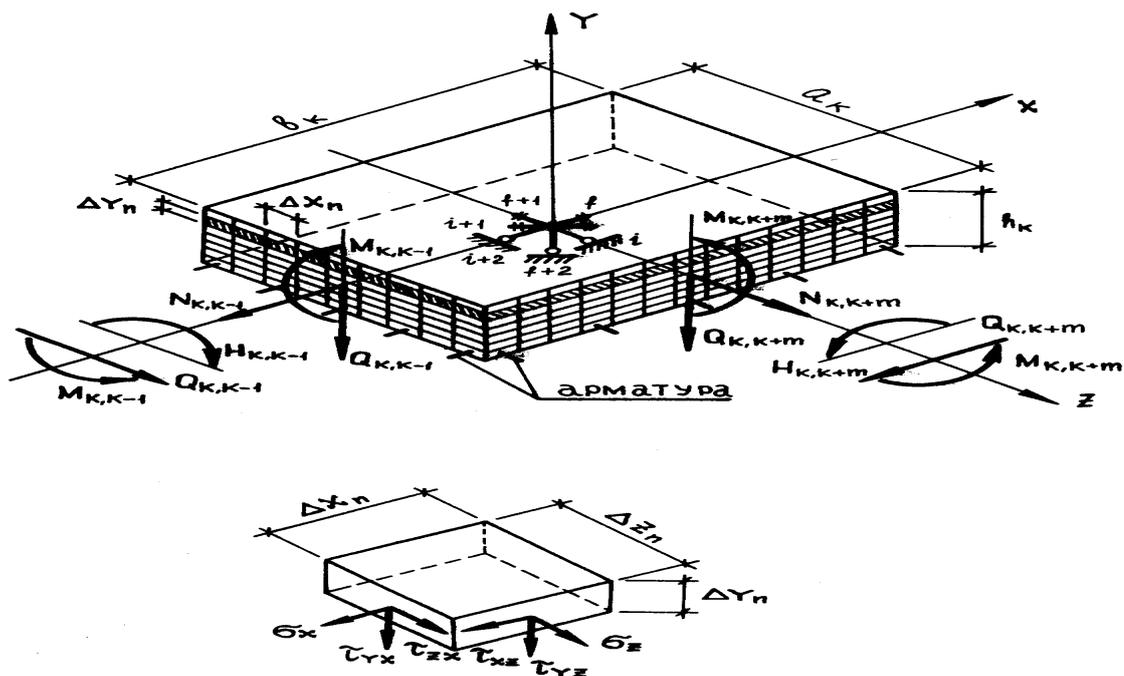


Рис. 7. Расчетная схема по МСД для железобетонной плиты

В данном исследовании рассматривалось изучение поведения железобетонной балочной плиты, находящейся в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, обусловленного наличием распора.

В связи с этим была разработана методика экспериментальных исследований, предусматривающая испытание железобетонных свободно опертых и балочных плит на действие вертикальных нагрузок, с закрепленными от горизонтальных смещений опорными частями плит, а также для испытания сборных сплошных плоских плит в натуральную величину, свободно опертых по контуру.

В результате экспериментальных исследований была измерена величина прогиба и распора в балочных плитах, закрепленных от горизонтальных смещений, на всех уровнях загрузки (рис. 8), которая позволила проанализировать:

- измерение усилий распора, т.е. эффект распора;
- влияние усилий распора на прочность, жесткость и трещиностойкость.

Кроме того, по замерам деформаций силовых мер с помощью тарировочных кривых определялась равнодействующая усилий распора N . По результатам анализа тарировочных кривых установлено, что усилия распора действуют в пределах $h/4$ по высоте сечения балочных плит.

Сравнение графика прогибов показывает, что перемещения в плитах без учета распора больше в 1,75...2,5раза, чем в плитах с учетом распора. Из этого следует, что распор существенно повышает жесткость конструкции.

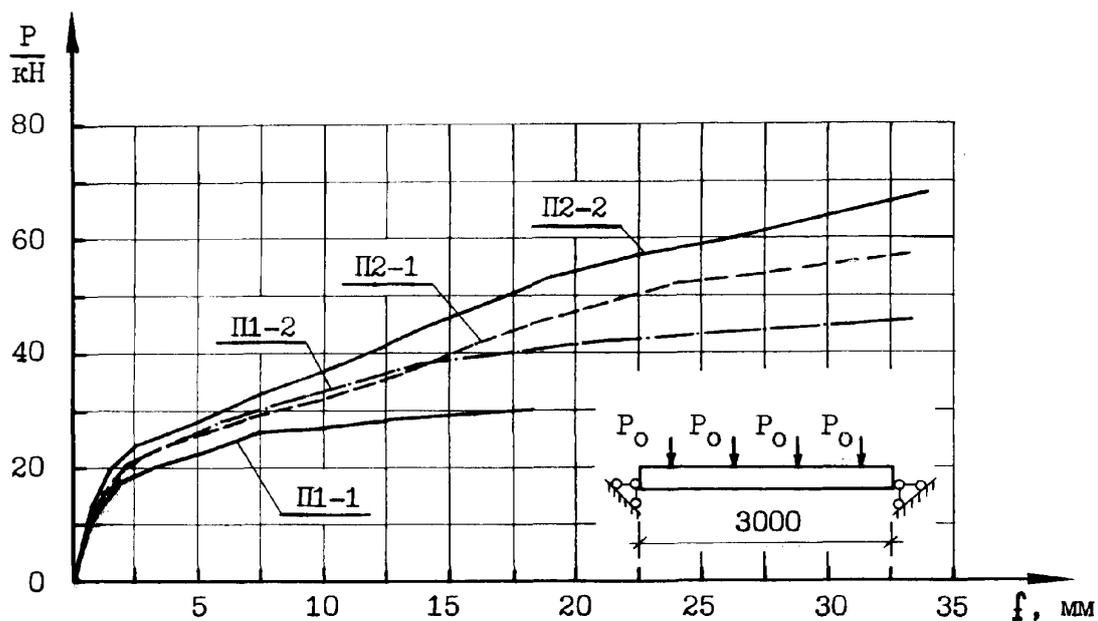


Рис. 8. Прогибы балочных плит в середине пролета

Следовательно, по результатам экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы: чем меньше коэффициент армирования, тем выше влияние распора на несущую способность конструкции. На основе вышеизложенного можно рекомендовать применение в конструкциях сплошного сечения плиты, опертой по контуру, с минимальными процентами армирования.

На заводе железобетонных конструкций в городе Новочебоксарске были проведены испытания железобетонных сборных плит перекрытий для многоэтажных монолитных зданий.

Основная цель испытания заключалась в оценке ее прочности, жесткости и трещиностойкости, а также совершенствовании конструктивных решений и проверке технологичности изготовления сборных плоских плит перекрытий.

По результатам испытаний плоских плит перекрытий установлено, что их фактическая прочность и жесткость намного превышают контрольные величины по прочности и жесткости. Указанное явление обусловлено наличием распорных сил, действующих по их контуру. Учет эффекта распора в процессе проектирования позволит сократить расход рабочей арматуры.

Для определения несущей способности, перемещений и трещиностойкости плит перекрытий, опертых по контуру, учитывающих особенности их работы в составе несущих элементов монолитного многоэтажного здания, разработана программа для расчета на ЭВМ, позволяющая рассчитывать плиты перекрытий, опертые по контуру, при любых граничных условиях.

В качестве результатов расчета железобетонных плит перекрытий получены перемещения, внутренние усилия для каждого элемента МСД и

деформации элементарных полосок, на которые разбивается сечение по высоте и ширине и которые сопоставлены опытными данными.

Из графика видно, что в прогибах (рис. 9,10 и 11) балочных плит в середине пролета получено хорошее соответствие опытных данных с расчетными. Это соответствие составляет 5,0...23,6 %.

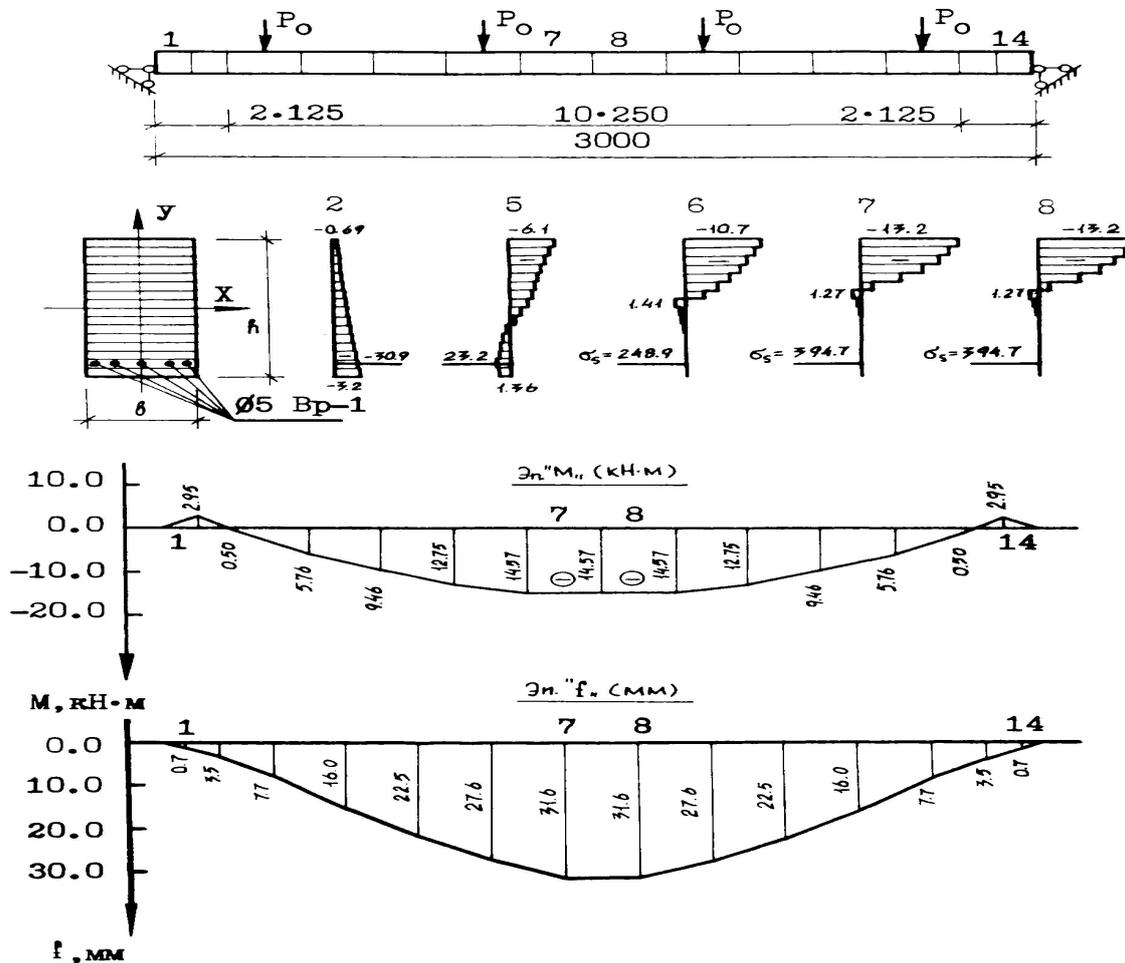


Рис. 9. Эпюры напряжений, моментов и прогибов балочных плит ($e = -h/4$ и $P_0 = 16,0$ кН)

Также произведено сопоставление изгибающих моментов в сечениях балочных плит и плит перекрытий, опертых по контуру, найденных по правилам строительной механики, справочнику по правилам строительной механики, справочнику по проектированию и МСД; сопоставлялись величины усилий распора, полученные при испытании и в результате машинного счета (рис. 10 и 11).

Полученные прогибы по МСД сравнивались с результатом эксперимента и результатом расчета по теории упругости.

При нагрузке на точку $P_0 = 2,0$ кН, которая соответствовала упругой стадии работы балочных плит с учетом распора, прогиб по МСД получился $f_{мcd} = 0,271$ мм, а по теории упругости – $f_{см} = 0,294$ мм.

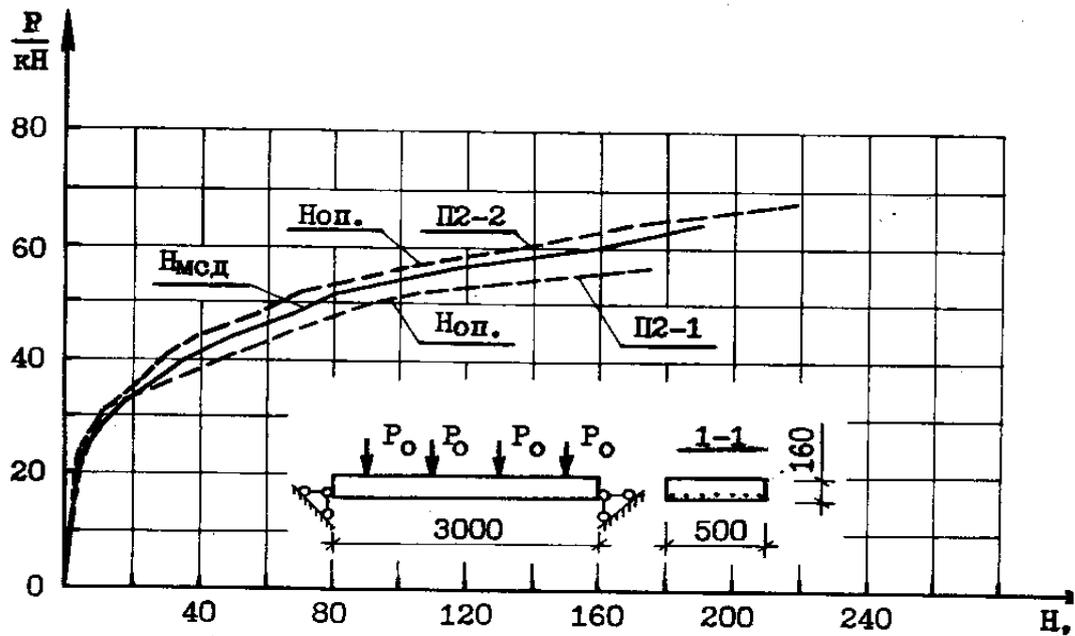


Рис. 10. Изменение усилий распора балочных плит

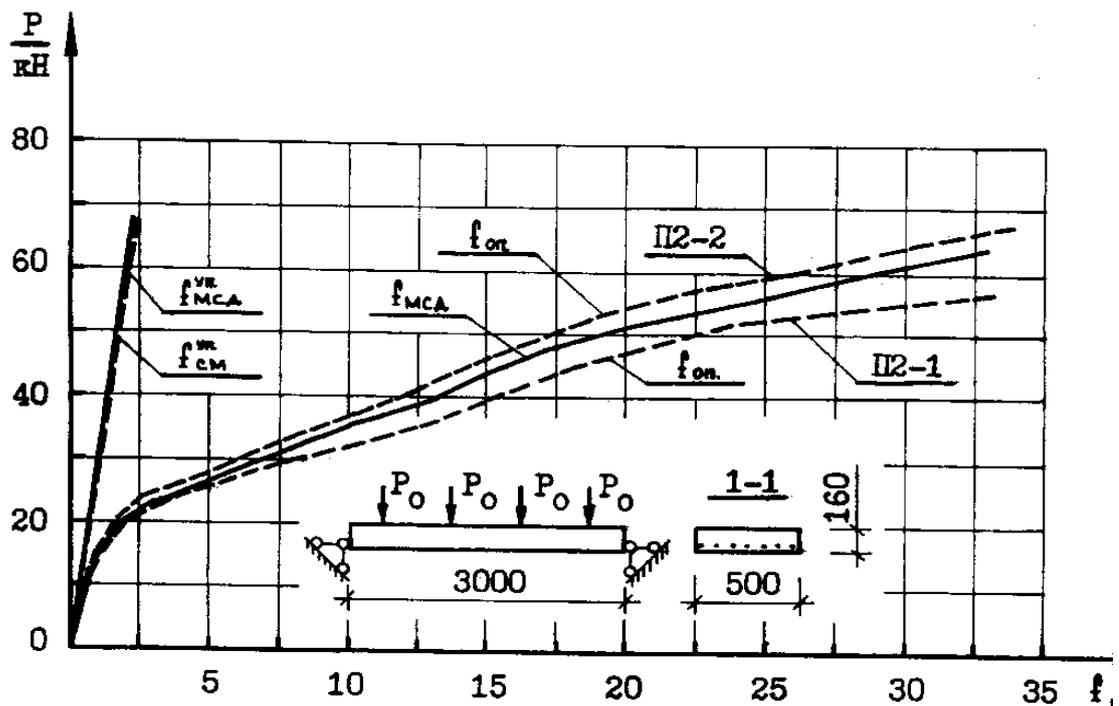


Рис. 11. Прогибы в середине пролета балочных плит

При этом надо отметить, что схемы загрузки имели различия по МСД; расчет велся на действие четырех сосредоточенных сил, а по теории упругости принималось равномерно распределенное загрузке конструкции. С учетом сказанного необходимо отметить хорошее совпадение полученных прогибов, расхождение составляет 7,8 %. Для данного уровня загрузки опытный прогиб равен $f_{он} = 0,28 \text{ мм}$, это по отношению к $f_{мсд}$ составляет 3,3 %, а по отношению к $f_{см}$ — 5,0 %.

В шестой главе описывается расчетная модель МСД для междуэтажных перекрытий многоэтажных зданий, смонтированных из сборных железобетонных элементов в натуральную величину, на вертикальные и горизонтальные воздействия, учитывающие реальные диаграммы нелинейного деформирования бетона и арматуры при различных длительностях нагружения, излагаются основные положения их расчетов по указанному методу, подробно развитые в главе 5.

На основе предложенной методики и алгоритмов по разработанным программам получены результаты счета опытного фрагмента междуэтажного перекрытия при вертикальном и горизонтальном воздействии.

Расчетная методика может быть реализована по программе «DIRAR». Прогибы, полученные по методу сосредоточенных деформаций, хорошо подтверждаются экспериментальными данными. При анализе разница в результатах не превышает 4...13% (рис. 12).

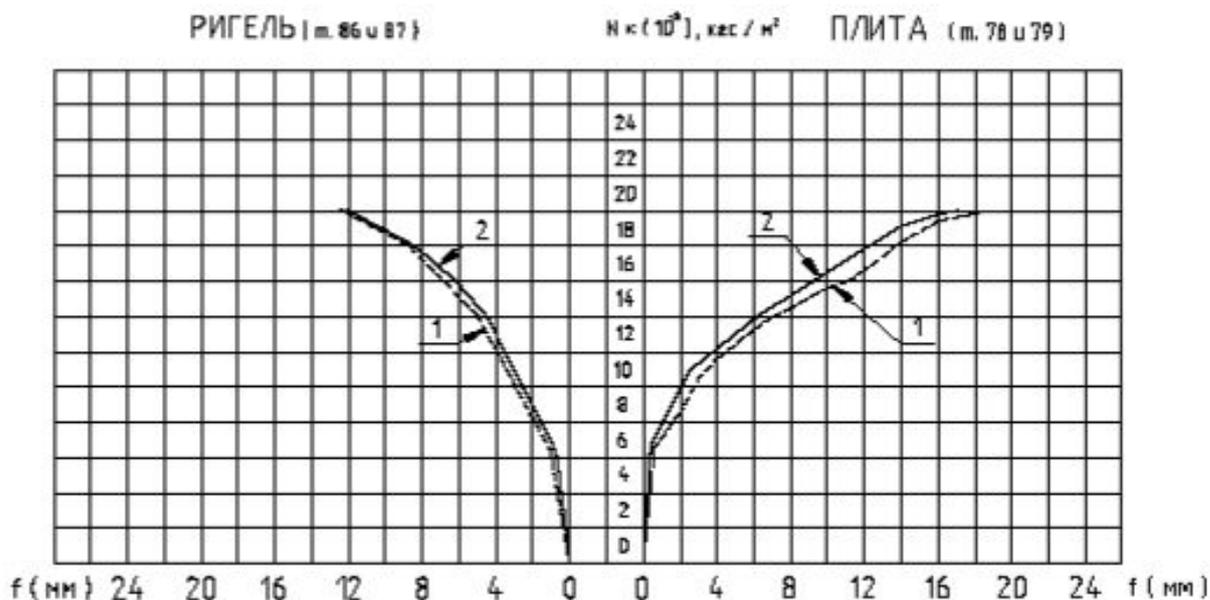


Рис. 12. График зависимости «N-f». 1 – эксперимент; 2 – теория (МСД)

В данной работе предлагается практический прием учета длительного действия нагрузки при расчете изгибаемых железобетонных плит по второй группе предельных состояний по перемещениям и по раскрытию трещин. Суть работы сводится к определению величины коэффициента упругопластических деформаций бетона ν в зависимости от уровня напряжения в бетоне σ_b/R_b , класса бетона и длительности действия нагрузки по средним диаграммам $\sigma_b - \epsilon_b$.

Аналитическое выражение для коэффициента упругопластических деформаций бетона ν можно представить в виде

$$\nu = \frac{\epsilon_s}{[\epsilon_s + \epsilon (t \sigma_s / R_s)]}, \quad (7)$$

где ϵ_v – величина упругой деформации бетона;
 ϵ_{pc} – величина пластической деформации бетона;
 σ_v/R_v – уровень напряжения в бетоне;
 t – длительность действия нагрузки.

При непродолжительном действии постоянной и длительной нагрузок принимает значение, равное (0,1...0,15), в зависимости от условий эксплуатации и не зависит от продолжительности действия длительно действующей части нагрузки, уровня напряжения σ_v/R_v , что также не соответствует опытным данным.

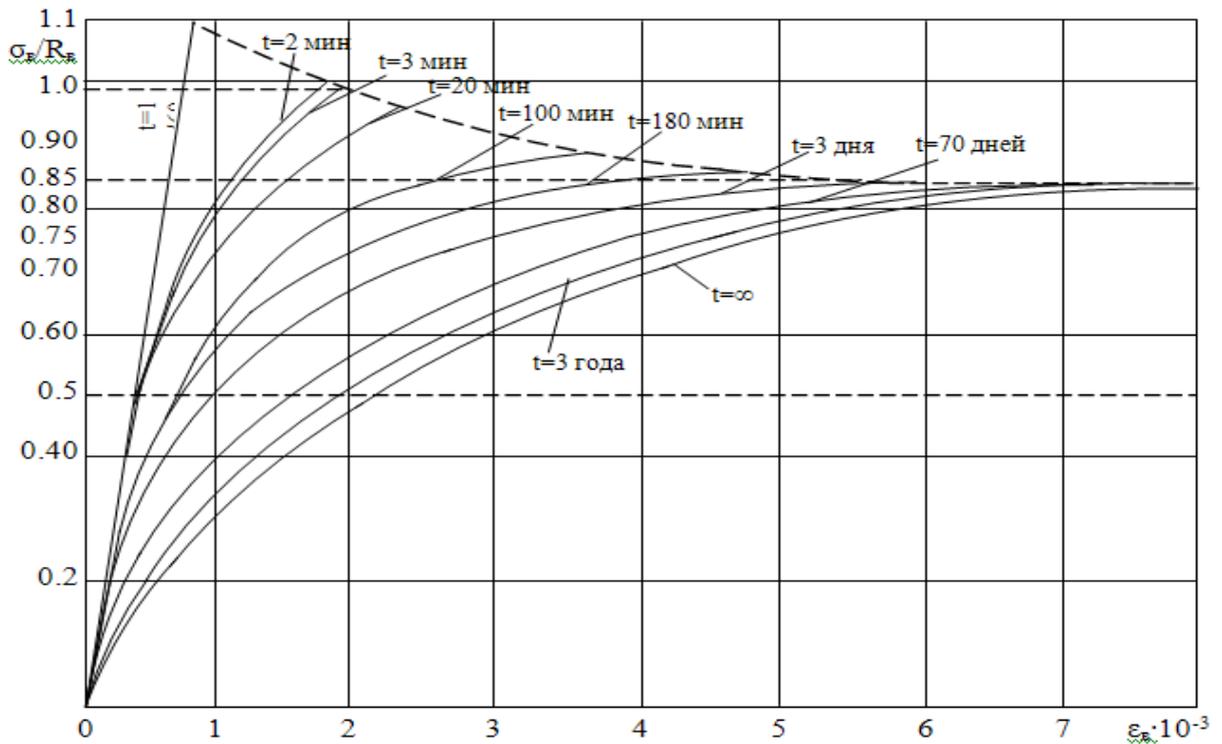


Рис. 13. Графики зависимостей «напряжения– относительные деформации»

Вышеизложенные несоответствия между рекомендациями СНиП 2.03.01-84* и опытными данными могут быть устранены, если воспользоваться средними опытными диаграммами σ_v – ϵ_v при различной длительности загрузения бетона, приведенными на рис. 13.

При длительном загрузении, согласно данным рис. 13, величина коэффициента упругопластических деформаций ν изменяется в пределах от 0,43 до 0,1 и зависит как от продолжительности действия нагрузки, так и от уровня напряжений в бетоне. Вместе с тем нормы проектирования СНиП 2.03.01-84* рекомендуют при продолжительном действии постоянных и длительных нагрузок величину ν принимать равной (0,1...0,15) независимо от продолжительности действия нагрузки и уровня напряжений в бетоне.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В результате литературного анализа, патентного поиска и обобщения накопленного опыта научно обоснована и решена проблема дальнейшего совершенствования и развития конструктивных форм и методов расчета железобетонных конструкций несущих систем многоэтажных зданий и их элементов, перспективностью которой является разработка расчетных моделей, основанных на современном представлении о нелинейном деформировании железобетона с применением вычислительной техники.

2. На основе разработанных дискретных расчетных моделей для железобетонных сечений, стержней, стержневых систем, плоско напряженных и изгибаемых плитных конструкций в несущих системах многоэтажных зданий выявлены особенности работы железобетонных конструкций с учетом длительности внешнего воздействия нагрузок, обуславливающих нелинейность и упругопластическое поведение связей между сборными железобетонными элементами.

3. На основе результатов экспериментально-теоретических исследований автора с учетом ранее имеющихся теоретических положений разработан метод сосредоточенных деформаций (МСД), относящийся к разряду дискретных и близкий к методу конечных элементов (МКЭ), отличающийся простотой формирования разрешающих уравнений при реализации на вычислительной технике.

При расчетах железобетонных конструкций несущих систем многоэтажных зданий получены зависимости для элементов матриц внешней жесткости стержневых и плоскостных систем, что исключает операции перемножения матриц. Это крайне целесообразно при нелинейных расчетах, связанных с многократной корректировкой матриц жесткости, обусловленных итерационными процессами.

4. С учетом деформирования расчетной схемы при расчете элементов несущих систем многоэтажных зданий предложен способ корректировки вектора внешних сил, состоящий в добавлении к нему узловых изгибающих моментов. Корректировку вектора внешних сил рекомендовано выполнять в едином цикле с корректировкой матриц внешней жесткости без изменения структуры разрешающих уравнений.

5. Для расчета прочности нормальных сечений статически определимых железобетонных стержневых элементов в нелинейной постановке при любых поперечных формах и схемах приложения внешних сил целесообразно использовать предложенные одноосные диаграммы деформирования бетона и арматуры при различной длительности нагружения, включая нисходящие ветви. Проверку прочности нормальных сечений можно вести сразу по известному (заданному) вектору внешних сил, минуя поэтапное его увеличение.

6. Установлено, что плосконапряженные железобетонные элементы несущих систем многоэтажных зданий с учетом нелинейной работы бетона и

арматуры в конструкциях, а также соединений между сборными элементами достаточно просто и надежно можно рассчитывать по методу сосредоточенных деформаций (МСД). Принятие гипотезы плоских сечений в пределах каждого элемента и возможность изменения жесткостных характеристик материалов в МСД позволяют принимать эти элементы значительно крупнее, чем в методе конечных элементов.

7. При расчетах железобетонных элементов междуэтажных перекрытий на внешние воздействия следует учитывать одновременно изгибаемое и плосконапряженное состояния, для чего на основе МСД разработаны элементы с шестью степенями свободы. Полученные расчетные формулы для изгибаемых железобетонных плитных элементов междуэтажных перекрытий могут рассматриваться как наиболее общие, из них, как частные случаи, можно получать решения для стержневых и плосконапряженных элементов несущих систем.

8. Разработанные и предложенные методика и алгоритм расчета позволяют использовать реальные диаграммы деформирования материалов, учитывают нелинейность и неравномерность развития нормальных и касательных напряжений по высоте сечения элементов, обусловленные условиями опирания их в стесненных условиях, т.е. наличием эффекта от распора.

Расчетная модель в виде МСД учитывает влияние фактора длительного действия внешней нагрузки на пространственную работу фрагментов междуэтажного перекрытия, смонтированных из типовых элементов многоэтажных каркасных зданий, и позволяет оценить их напряженно-деформированное состояние при любом уровне загрузки.

9. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований пространственной работы сборных железобетонных плит перекрытий, опертых по контуру, в монолитных зданиях и фрагментов сборного железобетонного перекрытия, смонтированного из типовых элементов многоэтажных каркасных зданий, показывает, что эти конструкции обладают значительными резервами по несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации.

10. Экономическая эффективность результатов исследована, очевидна и подтверждена реализацией разработанных нормативных документов, способствующих сокращению затрат и сроков на проектирование и строительство зданий на 30 %.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

I. Монографии и статьи, опубликованные в научных журналах:

1. Зулпуев А.М. Основы метода сосредоточенных деформаций в расчете железобетонных стержневых и плоскостных конструкций в многоэтажных зданиях: Монография. – Ташкент: ФерПИ «Техника», 2004. – 203 с.
2. Зулпуев А.М. Исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных распорных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами: Монография. – Бишкек: Илим, 2010. – 80 с.
3. Додонов М.И., Темикеев К., Зулпуев А.М. Теория сосредоточенных деформаций в прикладных задачах: Монография. – Бишкек: Илим, 2012. – 250 с.
4. Зулпуев А.М. Экспериментальные исследования сборных плоских плит с распором // Научно-технический журнал ФерПИ.– Фергана, 2003. – Выпуск серии № 4. – С. 61-64.
5. Зулпуев А.М. Расчет балочных плит и плит перекрытий, опертых по контуру, по методу сосредоточенных деформаций // Научно-технический журнал ФерПИ.– Фергана, 2004. – Выпуск серии № 2. – С. 64-68.
6. Зулпуев А.М., Султанов У. Метод сосредоточенных деформаций для расчета сборных железобетонных распорных плит перекрытий // Научно-технический журнал.– Ходжент, 2004. – № 7-8. – С. 43-53.
7. Зулпуев А.М. Влияние распорана работу статических неопределимых систем // Научно-технический журнал «Известия» ОшГУ. – Ош, 2005. – № 1. – С. 23-25.
8. Зулпуев А.М. Расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси элемента // Научно-технический журнал СамГАСИ. – Самарканд, 2005. – № 2. – С. 7-9.
9. Зулпуев А.М. Программа «DIRAR» для расчета плит перекрытий на действие кратковременной нагрузки // Научный журнал «Вестник» ОшГУ. – Ош, 2005. – № 2. – С. 99-101.
10. Зулпуев А.М., Додонов М.И. Расчет стержней и стержневых систем по методу сосредоточенных деформаций // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2005. – Выпуск серии № 1. – С. 86-88.
11. Зулпуев А.М. Расчет изгибаемых плитных элементов и систем из них с учетом нелинейной работы по методу сосредоточенных деформаций // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». – М., 2005. – № 2. – С. 14-17.
12. Зулпуев А.М. Расчет сборных железобетонных плит перекрытий, опертых по контуру, в монолитных многоэтажных зданиях, по методу

сосредоточенных деформаций //Научно-технический журнал «Известия» ОшГУ. – Ош, 2005.– № 2. – С. 31-37.

13. Зулпуев А.М. Сборные железобетонные плиты перекрытий, опертые по контуру, в монолитных многоэтажных зданиях //Научно-технический журнал ФерПИ. – Ташкент, 2006.– № 3. – С. 36-39.

14. Зулпуев А.М. Экспериментальное исследование сборных железобетонных плит перекрытий на натуральных образцах //Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2006. – Выпуск серии № 4. – С. 57-60.

15. Зулпуев А.М., Юлдашев О.Р. Учет граничных условий и реальных связей в расчете изгибаемых плитных систем по методу сосредоточенных деформаций //Научно-технический журнал «Вестник»ТашГТУ. – Ташкент, 2006. – № 1. – С. 136-139.

16. Зулпуев А.М. Построение аппроксимирующей зависимости «Напряжение-деформация» для бетона //Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». – М., 2006. – № 2.– С. 9-11.

17. Зулпуев А.М. Расчет железобетонных плоскостных конструкций на основе дискретных моделей //Республиканский научно-технический журнал «Наука и новые технологии».– Бишкек, 2006. – № 7-8. – С. 142-143.

18.Зулпуев А.М., Сенин Н.И., Салпагаров Ж. Особенности методики испытаний фрагмента монолитного многоэтажного здания кратковременной и длительной нагрузкой //Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». – Бишкек, 2009. – № 8. – С. 29-32.

19. Зулпуев А.М. Определение элементов матрицы внешней жесткости с учетом единичных перемещений для упругого стержня //Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». – Бишкек, 2009. – №10. –С.24-28.

20. Зулпуев А.М. Расчет стержней деформированной схемы по методу сосредоточенных деформаций //Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». – Бишкек, 2009.– №10. –С.18-21.

21. Зулпуев А.М. Расчет плоско-напряженных систем в упругой стадии работы //Научный журнал «Вестник» ОшМУ. – Ош, 2010.– № 3. – С. 244-247.

22. Зулпуев А.М. Сопротивление сборных железобетонных перекрытий в каркасных зданиях деформированию из плоскости при горизонтальных нагрузках //Научный журнал «Вестник» ОшМУ. – Ош, 2010. – № 3. – С. 247-250.

23. Зулпуев А.М. Расчет плит перекрытий, армированных стальным профилированным настилом, по методу предельного равновесия // Научно-периодическое издание «Вестник» КГУСТА им. Н. Исанова.– Бишкек, 2010. – № 1 (27). – С. 113-117.

24. Зулпуев А.М. Расчет по методу сосредоточенных деформаций железобетонных плоскостных конструкций и систем из них // Научно-

периодическое издание «Вестник» КГУСТА им. Н. Исанова.– Бишкек, 2010. – № 1 (27). – С. 117-123.

25. Зулпуев А.М. Расчет железобетонных плоскостных конструкций на основе дискретных моделей//Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Известия» КГТУ им. И. Разакова. – Бишкек, 2010.– №21. – С. 89-92.

26. Зулпуев А.М. Расчет перемещений балочной изгибаемой плиты и построение аппроксимирующей зависимости "М – κ" //Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Известия» КГТУ им. И. Разакова.– Бишкек, 2010. – № 21. – С. 92-94.

27. Зулпуев А.М. Матричные соотношения между усилиями и перемещениями для симметричных поперечных сечений упругого стержня //Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов». – Бишкек, 2010.– № 5. – С. 3-5.

28. Зулпуев А.М. Определение внутренних усилий граничных условий в методе сосредоточенных деформаций //Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов».– Бишкек, 2010.–№5.– С. 10-13.

29. Темикеев К., Зулпуев А.М. Экспериментально-теоретическое исследование предельных состояний сборных железобетонных перекрытий при вертикальном и горизонтальном воздействии //Научно-технический журнал «Известия»ОшТУ. – Ош, 2012.– № 1. – С. 23-25.

II. Перечень статей, опубликованных в сборниках научных трудов, тезисов и депонированных научных работ:

30.Зулпуев А.М. Руководство по применению программы DIRAR для нелинейного расчета железобетонных конструкций методом сосредоточенных деформаций //КыргызНИИП сейсмостойкого строительства. – Бишкек. ИЦ «Техник», 2007. –16 с.

31. Зулпуев А.М. Рекомендации по проектированию сборных железобетонных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами. //ГосархитекстройРУз. – Ташкент: Изд-во ФерПИ «Техника», 2007. –16 с.

Личный вклад автора. Работы [1, 2, 4, 5, 7-9, 11-14, 16, 17, 19-28, 30, 31] написаны лично автором. В работах, опубликованных в соавторстве, автору принадлежат: постановка научной задачи, пути и методы ее решения, анализ экспериментальных результатов и выводы [3, 6, 10, 15, 18,29].

РЕЗЮМЕ

диссертации Зулпуева Абдивана Момуновича на тему: «Теория сосредоточенных деформаций в расчетах несущих конструкций многоэтажных зданий» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

Ключевые слова: метод сосредоточенных деформаций, дискретные расчетные модели, фиктивные и собственные связи, методы получения матрицы жесткости, элементы матрицы внешней жесткости, учет реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры при различной длительности нагружения, учет эффекта распора.

Объект исследования. В качестве объекта исследования рассматриваются расчет фрагментов железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий на основе метода сосредоточенных деформаций.

Цель работы и задачи исследования. Целью диссертационной работы являются разработка дискретных расчетных моделей для железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий, составление алгоритмов и программ с применением вычислительной техники и получение на этой основе конструктивных решений, отличающихся экономичностью и технологической простотой.

Метод исследования. Дискретные расчетные модели для фрагментов железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий.

Полученные результаты и их новизна. В работе разработан метод сосредоточенных деформаций для расчета железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий, учитывающий реальные диаграммы нелинейного деформирования бетона и арматуры при различной длительности нагружения. Получены матрицы жесткости для железобетонных конструкций при различных видах напряженно-деформированного состояния и составлены алгоритмы расчетов на вычислительной технике.

Практическая ценность результатов работы обусловлена дискретными нелинейными расчетными моделями и алгоритмами, обеспечивающими получение экономичных проектных решений для стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий.

Степень внедрения и экономическая эффективность. По результатам исследований разработаны нормативные документы: «Рекомендации по проектированию сборных железобетонных плит перекрытий в зданиях с монолитными стенами» и «Руководство по применению программы DIRAR для нелинейного расчета железобетонных конструкций методом сосредоточенных деформаций». Применение рекомендаций при проектировании сборных железобетонных плит перекрытий, опертых по контуру, в зданиях с монолитными стенами, с обычной и высокопрочной арматурой, позволяет сократить расход металла на единицу сборного железобетона до 30%.

Область применения. Для расчета железобетонных стержневых и плоскостных конструкций несущих систем многоэтажных зданий.

А.М. Зулпуевтин «Къп кабаттуу имараттардагы ж\к кътър\ч\ конструкцияларын топтолгон деформациялар теориясы менен

эсептѣ» темасында, 05.23.01 - курулуш конструкциялары, имараттар жана ири имараттар, адистигинин техника илимдеринин доктору илимий наамын алуу \ч\н диссертациясы боюнча
РЕЗЮМЕСИ

Негизги сѣздѣр: топтолгон деформациялар методу, дискрет эсептѣ модели, фиктивд\ жана ѣзд\к байланыштар, бирдикт\ матрицасын т\з\ методу, сырткы бирдикт\ элементтер матрицасы, ар кандай узак ж\к кѣтѣр\ мѣънѣттѣг\, бетон жана арматура деформациялануудагы реалдуу диаграмманы эске алуу, распордун эффективт\л\г\н эске алуу.

Изилдѣ объектиси: изилдѣ объектиси катары кѣп кабаттуу имараттардагы ж\к кѣтѣр\ч\ системанын стерженд\ жана тегиздик темир-бетон конструкциялары топтолгон деформациялар методунун негизинде каралган.

Изилдѣ ишинин максаты жана маселеси: диссертация ишинин максаты кѣп кабаттуу имараттардагы ж\к кѣтѣр\ч\ системанын стерженд\ жана тегиздик темир-бетон конструкциялары \ч\н дискрет эсептѣ моделини иштеп чыгуу, алгоритм жана программа т\з\ менен эсептѣ техникасын колдонуу аркылуу \нѣмд\ жана жѣънѣкѣй технологиядагы конструктивд\ чечимдерди кабыл алуу.

Изилдѣ усулу: кѣпкабаттуу имараттардагы ж\к кѣтѣр\ч\ системанын стерженд\ жана тегиздик темир-бетон конструкциялар фрагменти \ч\н дискрет эсептѣ модели.

Илимий жаѣылыгы жана алынган натыйжалары: бул иште кѣп кабаттуу имараттардын ж\к кѣтѣр\ч\ системасын стерженд\ жана тегиздик темир-бетон конструкцияларынын ар кандай узак ж\к кѣтѣр\ мѣънѣттѣг\, бетон жана арматуранын ийилген сызык деформациялары \ч\н реалдуу диаграммасын эске алуу менен топтолгон деформациялар методу иштелип чыгылды. Ар т\рд\ кѣр\н\штѣг\ темир-бетон конструкцияларынын к\чѣт\лгѣн-деформацияланган учурларынын негизинде бирдикт\ матрицалар жана эсептѣ техникалары \ч\н эсептѣ алгоритми т\з\лд\.

Изилдѣнын практикалык мааниси: иштелип чыгылган дискрет ийилген сызык эсептѣ моделдери жана алгоритмдери аркылуу, кѣп кабаттуу имараттардагы ж\к кѣтѣр\ч\ системанын стерженд\ жана тегиздик конструкциялары \ч\н, \нѣмд\ конструктивд\ чечимдерди кабыл алуу м\мкнч\лг\ белгиленген.

Иш амалына ашырылыш даражасы жана \нѣмд\лг\: бул изилдѣнын натыйжасында «монолит тосмо(стена) кабаттуу жабдуулар имаратындагы курама темир-бетон плиталарыны долборлоо боюнча жолдомосу» жана «топтолгон деформациялар методу менен темир-бетон ийилген сызык конструкцияларын эсептѣ \ч\н т\з\лгѣн «DIRAR» программасыны колдонуу боюнча кѣрсѣтмѣс\» деген нормативд\ документтер иштелип чыгарылган.

Монолит тосмо (стена) имараттындагы кабаттуу жабдуулар курама темир-бетон плиталарынын дорборлоо чечиминин негизинде темир-бетон жабдуу плиталарынын, жънъкый жана жогорку кубаттуулукка ээ болгон арматуралар менен камсыздалганда, бир курама темир-бетондон 30 % чейин металды кыскартууга мумкнчлк болот.

Колдонуу областы: кып кабаттуу имараттардагы жк кътърмч системанын стержендл жана тегиздик темир-бетон конструкцияларын эсептъь \чн колдонулат.

RESUME

Of dissertation of ZulpuevAbdivapMomunovich on the subject:”Theory of concentrated deformations in the calculations of the carrying constructions of the many-storied buildings“ for presenting for a doctor’s degree in technical sciences in specialty 05.23.01 –building constructions , buildings and structures

Key words : method of concentrated deformations ,discrete calculating models , fictious and proper ties, methods of getting of the tough die, the elements of the outer tough die, calculation of the real graphs of concrete and reinforcement deformation at different tensed and deformed conditions ,calculations of the thrust effect .

The object of research. Calculation of the fragments of ferro-concrete bar and plane constructions of the carrying systems in many-storied buildings on the basis of concentrated deformations is taken as an object of researches .

The aim of the work and tasks of researches .The aim of dissertation work is working-out of the discrete calculating models for ferro-concrete bar and plane constructions of the carrying systems in many- storied buildings ,making-up of the algorithms and programs using calculating technics and receiving on this basis of the constructive decisions distinguished with economy and technological simplicity .

Method of research .Discrete calculating models for the fragments of ferro-concrete bar and plane constructions in many-storied buildings.

The results received and their newness. In this work the method of concentrated deformations for calculation of the ferro-concrete bar and plane constructions of the carrying systems in many-storied buildings which takes into consideration the real graphs of non-linear deformation of concrete and reinforcement is worked out. The tough die for ferro-concrete constructions at different tensed and deformed conditions are received and the algorithms of calculations with calculating techniques are made up .

Practical value of the work results is proved by discrete non-linearcalculating models and algorithms ,which make possible the receiving of economical project decisions for bar and plane constructions of the carrying systems is many-storied buildings.

The degree of introductions and economical effectively. According to the results of the researches normative documents : “Recommendations on designing ferro-concrete slabs of the overlaps in the ferro-concrete buildings with monolithic walls“ and “Directions on applying the DIRAR program for nonlinear calculation of the ferro-concrete constructions with the method of concentrated deformations“ are worked out . Using these recommendations at projecting combined ferro-concrete slabs of the overlaps basing on the whole contour in the buildings with monolithic walls with usual and highly-durable reinforcement makes possible to reduce the metal expenses on a unit of the combined ferro-concrete up to 30%.

The sphere of application.Used for calculation of the ferro-concrete bar and plane constructions in many-storied buildings.

Редактор *С.Е.Аксененко*

Подписанов печать 15 февраля 2013 г.
Объем 2,0 печ. л. Тираж 100 экз. Формат 60x84/16.

Отпечатано в типографии ОсОО «Бишкек-транзит»
г. Бишкек, 11 микрорайон, дом 17, а