

*Зулпуев А.М., Насиров М.Т.*

**КӨП КАБАТТУУ ИМАРАТТАР ЖАНА ИРИ ИМАРАТТАРДАГЫ  
ДАЯРДАЛГАН ТЕМИР-БЕТОН ЖАБДУУ ПЛИТАЛАРЫНЫН ЖҮК  
КӨТӨРҮМДҮҮЛҮГҮ ЖАНА ИЙИЛГИЧТИГИ**

*Зулпуев А.М., Насиров М.Т.*

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

*A.M. Zulpuev, M.T. Nasirov*

**DURABILITY AND DIPLACEMENTS OF THE COMBINED REINFORCED CONCRETE  
BARS OF THE COVERINGS IN MULTI-STORIED BUILDINGS**

УДК: 624.012.45

*Бул макалада төмөнкү маселелер каралган: дискреттүү эсептөө моделинин топтолгон деформациялар методу, статикалык белгисиз стержендик жана тегиздик системасын эсептөө методунунда бирден-бир сандуу бөлүгү катары эсептелет.*

*В данной статье рассмотрены следующие вопросы: метод сосредоточенных деформаций как разновидности дискретных расчетных моделей, является одним из численных методов расчета статически неопределенных стержневых и плоскостных систем.*

*This article deals with the method of concentrated deformations as a kind of discrete calculating models which is one of numeric methods of calculating the statically non-defined rod and plane systems.*

В настоящее время в соответствии с ее ориентацией рассматриваются основные, наиболее популярные конструктивные системы: каркасные, плоскостные и комбинированные (рис.1). Используемый в данном исследовании метод сосредоточенных деформаций реализован таким образом, что в нем нет различия расчетов между каркасными и плоскостными элементами многоэтажных зданий и сооружений.

В современном этапе числится следующая классификация расчетных моделей для несущих конструк-

ций многоэтажных зданий и сооружений: континуальная; дискретно-континуальная; дискретная.

В несущие конструкций многоэтажных зданий и сооружений континуальные модели, из-за особенности моделируемых несущих систем не получили широкого распространения. В континуальные модели необходимо производить расчет двумя способами, сначала привести континуализируя дискретные признаки несущей системы, а затем вновь дискретизируя полученные результаты. В связи этом континуальные модели в расчетах несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений применяется реже, отдавая предпочтение дискретно-континуальной и дискретной моделям.

Таким образом в расчетах несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений широко масштабно используется дискретно-континуальная модель. К расчету несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений, впервые дискретно-континуальная расчетная модель в форме составных стержней с применением метода сосредоточенных деформаций была использована профессором А.Р. Ржаницыным [3], далее применительно к железобетонным стержневым и плоскостным элементам развития доцентом М.И. Додоновым [1] и профессором А.М. Зулпуевым [2].

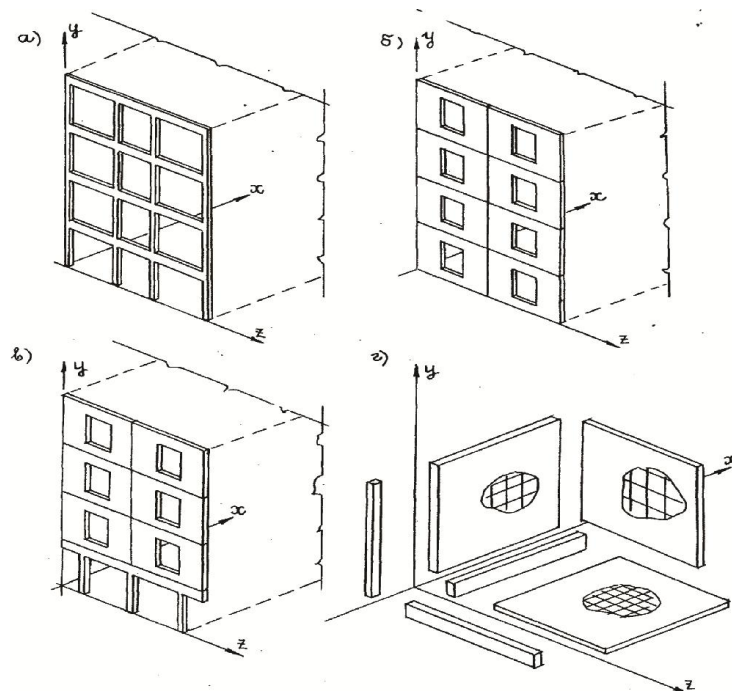


Рис. 1. Конструктивные элементы многоэтажных зданий:

а) – каркасная, б) – панельная, в) – комбинированная, г) – стержневые и плоскостные элементы в несущих системах.

В связи этим, дискретно-континуальная расчетная модель оказалась довольно приспособленной и перспективной; его потенциальные возможности, вероятно, будет формироваться и в будущем. Кроме того, можно предполагать, что дискретно-континуальные расчетные модели по критерию формирования вычислительной техники все плотнее заменяются дискретными расчетными моделями вследствие большей общности, универсальности и хорошей математической обеспеченности.

В настоящее время большими усилиями многих ученых, исследованы основные показатели для дискретных расчетных моделей несущих систем многоэтажных зданий и сооружений. На основе данных дискретных расчетных моделей несущих систем многоэтажных зданий и сооружений, разработаны несколько поколений программного обеспечения для вычислительной техники.

Таким образом, предлагаемый метод сосредоточенных деформаций как разновидности дискретных расчетных моделей, является одним из численных методов решения расчета статически неопределимых стержневых и плоскостных систем.

Идея метода сосредоточенных деформаций (МСД) состоит в том, что исходный стержень делится на элементы, по плоскостям раздела между которыми сосредоточиваются 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.

Основным достоинством метода сосредоточенных деформаций является – простота формирования матриц жесткости сечений, элементов, стержневых систем из них; при этом элементами матриц жесткости сечений служат балочные жесткостные характеристики (например: изгибная, осевая и т.д.), сохраняющие свои упругопластической стадии работы; причем такие же жесткостные характеристики распространяются и на случай плоского напряженного состояния и изгиба в двух направлениях для упруго и неупруго работающих железобетонных плит.

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

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

Четвертым достоинством метода сосредоточенных деформаций является - использование гипотезы плоских сечений. Это обстоятельство позволяет резко уменьшить число элементов метода сосредоточенных деформаций по сравнению с обычным применяемым числом метода конечных элементов.

К недостатку метода сосредоточенных деформаций можно отнести то, что, например, для упругих стержней требуется разбивка пролета на некоторое число участков, в то время как в обычном варианте

метода конечных элементов стержень вводится в расчет с полной длиной.

Однако метод сосредоточенных деформаций ориентирован прежде всего на расчет элементов с учетом реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры, в этом случае необходимо для учета меняющейся по длине жесткости делить стержни также и 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. 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.

Сборные железобетонные плиты перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, входят как части плоскостных элементов несущих систем многоэтажных зданий и сооружений.

На основе метода сосредоточенных деформаций (рис. 2) задача по расчету напряженно-деформированного состояния изгибаемой сборной железобетонной плиты перекрытия многоэтажных зданий и сооружений решается в следующем порядке:

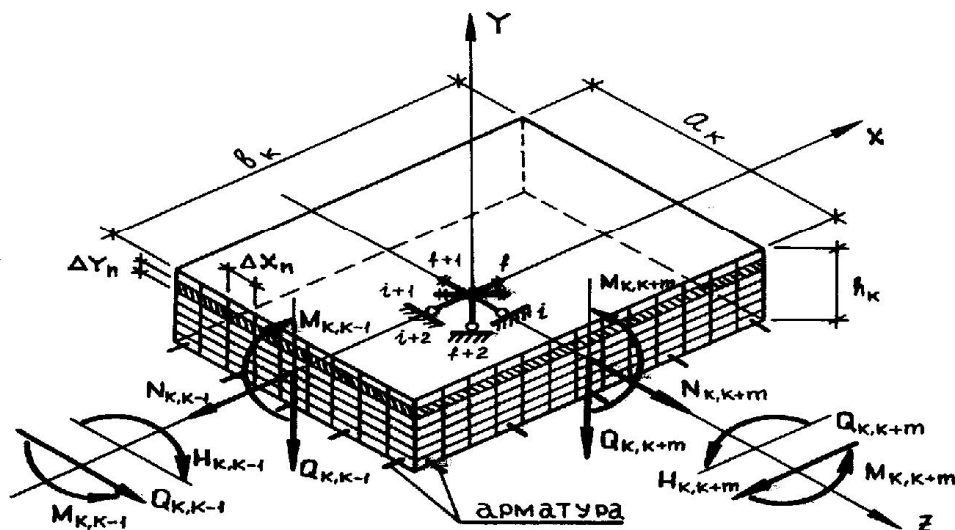


Рис. 2. Расчетная модель метода сосредоточенных деформаций

1. 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 перекрытия многоэтажных зданий и сооружений;

2. Из компонента элементов метода сосредоточенных деформаций учитываются установленные законы распределения деформаций сжатия (растяжения) и сдвига по плоскостям сосредоточенных деформаций;

3. Составляются согласно уравнение Холецкого, связывающие перемещения по граням элемента метода сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями;

4. По плоскостям метода сосредоточенных деформаций определяются и устанавливаются внутренние усилия  $\{F\}$ ;

5. Формируются и составляются матрица внешней жесткости  $[Э]_k$  для  $k$ -го элемента метода

сосредоточенных деформаций;

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

7. Составляются матрица уравнения равновесия  $[A]_k$  для  $k$ -го элемента метода сосредоточенных деформаций и всей системы  $[A]$ , а затем определяются матрица внешней жесткости,

$$[R] = [A] \cdot [K] \cdot [A]^T;$$

8. Сформируются, и подсчитывается система уравнений равновесия метода перемещений с числом неизвестных  $6 \cdot m \cdot n$ ;

9. Из решения системы алгебраических уравнений подсчитываются прочности и перемещения элементов метода сосредоточенных деформаций (по три линейных и три угловых на каждый элемент);

10. 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.

Данное условие можно представить в виде  $(\lambda_{i+1} - \lambda_i)/(\lambda_{i+1} + \lambda_i) \leq |\beta|$  (1)

где:  $\lambda_i$  и  $\lambda_{i+1}$  - элементы вектора деформаций смежных

$i$  - ой и  $(i+1)$  - ой итерациях;

$\beta$  - некоторое небольшое число;

11. 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 несущих систем, т.е. сборной железобетонной плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений и т.д., которые выводятся на печать.

На основе метода сосредоточенных деформаций, разработана и реализована программа «MSD» для расчета на ЭВМ сборной железобетонной плит перекрытий, учитывающей особенности их работы в многоэтажном здании и сооружений (рис. 3).



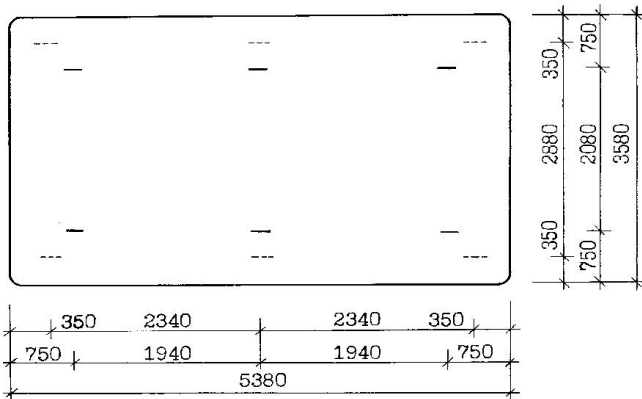
Рис. 3. Блок-схема программы «MSD».

Также проведена экспериментальная работа, основная цель проверки заключалась в оценке ее прочности и жесткости, а также совершенствования конструктивных решений и проверки технологич-

ности изготовления сборных железобетонных плит перекрытий. Сборные железобетонные плит перекрытий, в отличие от выпускаемых на заводе сборных железобетонных плит перекрытий, были

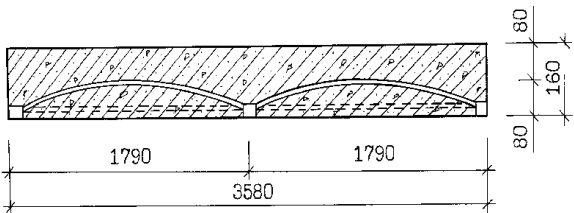
изготовлены с изменением монтажных петель и совершенствование канала для проводки электрических сетей (рис. 4 и 5).

В основном сборные железобетонные плиты перекрытий с толщиной 160 мм изготавливались на заводских условиях в горизонтальном положении, что при распалубке и подъема конструкций подвергало к преждевременному трещинообразованию в конструкциях. В отношении этого для предотвращения преждевременного образования трещин, нами предложено трансформация проектного положения монтажных петель на расстоянии 750 мм от кромки плиты в продольном и поперечном направлениям.



----- существующие монтажные петли  
 ————— предложенные монтажные петли

Рис. 4. Схема расположения монтажных петель сборных железобетонных плит перекрытий



----- существующий каналобразователь  
 ————— предложенный каналобразователь

Рис. 5. Схема расположения каналов электропроводки сборных железобетонных плит перекрытий

В результате установлено действие нормальных усилий в пределах  $h/4$  точки по высоте сечений от нижних частей конструкций (рис. 6). Перемещений сборных железобетонных плит перекрытий, в середине пролета получено хорошее соответствие экспериментальных данных с теоретическими результатами (рис. 7). При этом расхождение составляет в пределах 5,0 - 18,6 %.

Рецензент: д.т.н., профессор Маруфий А.Т.

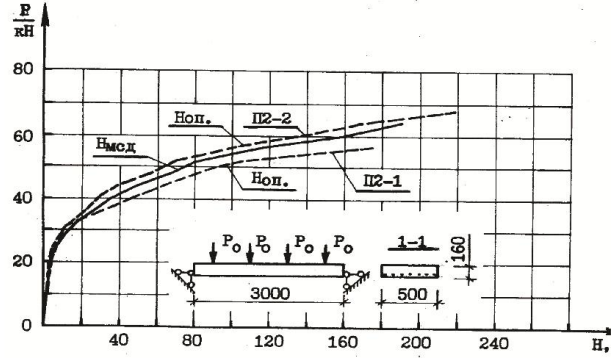


Рис. 6. Изменение нормальных усилий сборных железобетонных плит перекрытий

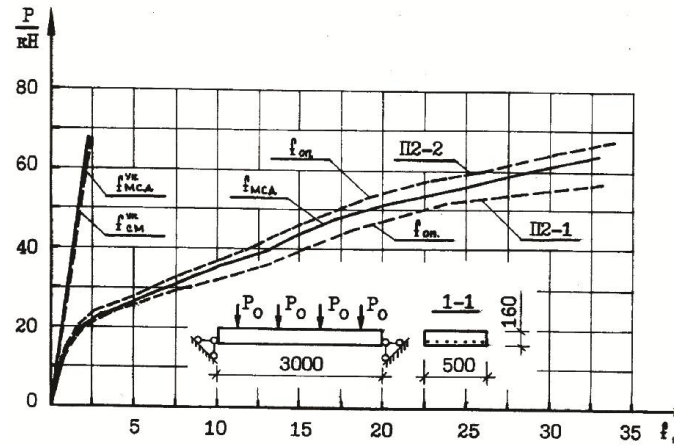


Рис. 7. Изменение перемещение в середине пролета сборных железобетонных плит перекрытий

Максимальная нагрузка, достигнутая в процессе постепенного увеличения, в процессе расчета на вычислительные технике по программе "MSD" оказалась равной  $Q = 26,12 \text{ кН/м}^2$ , что отличается от опытной  $Q = 25,76 \text{ кН/м}^2$  на 1,4%, а также определенной по методу предельного равновесия  $Q = 24,11 \text{ кН/м}^2$  на 8,4 %.

### Выводы

Следовательно, расчеты по программе «MSD» сборных железобетонных плит перекрытий, показали, что при обеспечении реальных условий закрепления на опорах сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений с монолитными стенами учет нормальных усилий увеличивает несущую способность в 2,5 – 3,5 раза и жесткость в 2 - 3 раза.

### Список использованной литературы:

1. Додонов М.И. Расчет изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. – 1986. – № 2. – С. 22–25.
2. Зулпуев А.М. Расчет изгибаемых плитных элементов и систем из них с учетом нелинейной работы по методу сосредоточенных деформаций // Бетон и железобетон. – 2005. – № 2. – С. 14–17.
3. Ржаницын А.Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. – 1980. – № 5. – С. 15–20.