



Scan to know paper details and  
author's profile

# Calculation of Elements Taking into Account Geometric and Physical Nonlinearity by the Method of Central-Defined Deformations

*Zulpuev Abdivap Momunovish, Abdykeeva Shirin Suyunbayevna  
& Abdullaev Ulan Dushabayevich*

*Adyshev Osh Technological*

## ANNOTATION

This article describes the use of multi-storey buildings and structures, which are one of the new promising areas. The use of prefabricated reinforced concrete, in comparison with full monolithic, dramatically reduces the labor intensity of work at the construction site. The prefabricated monolithic structure during the construction of statically indeterminate systems makes it possible to quite simply ensure the spatial rigidity of the building or structure as a whole, as well as to reduce the construction time in comparison with a complete monolith by several times, reduce the labor intensity of the production of works by about  $1,5 \div 2$  times and accordingly, the value of the object decreases. Plane and bending stress states are experienced by many structures of high-rise construction.

**Keywords:** calculation model, carrier systems, deformation, voltage, bend, stretching, geometric and physical nonlinearity.

**Classification:** DDC Code: 692.9 LCC Code: JS302

**Language:** English



London  
Journals Press

LJP Copyright ID: 975825  
Print ISSN: 2514-863X  
Online ISSN: 2514-8648

London Journal of Research in Computer Science and Technology

Volume 22 | Issue 3 | Compilation 1.0



© 2022. Zulpuev Abdivap Momunovish, Abdykeeva Shirin Suyunbayevna & Abdullaev Ulan Dushabayevich. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), permitting all noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



# Calculation of Elements Taking into Account Geometric and Physical Nonlinearity by the Method of Central-Defined Deformations

Расчет элементов с учетом геометрических и физических нелинейности методом сосредоточенными деформациями

Zulpuev Abdivap Momunovish<sup>α</sup>, Abdykeeva Shirin Suyunbayevna<sup>σ</sup>  
& Abdullaev Ulan Dushabayevich<sup>ρ</sup>

**Keywords:** calculation model, carrier systems, deformation, voltage, bend, stretching, geometric and physical nonlinearity.

**Ключевые слова:** Расчетная модель, несущие системы, деформация, напряжение, изгиб, растяжение, геометрическая и физическая нелинейность.

**Author α:** Doctor of Technical Sciences, Professor (m.m. Adyshev Osh Technological University, Kyrgyzstan).

**σ:** Senior Lecturer, (Kyrgyz-Russian Slavic University Named After V. Yeltsin, Kyrgyzstan).

**ρ:** Teacher, (m.m. Adyshev Osh Technological University, Kyrgyzstan).

## I. ANNOTATION

This article describes the use of multi-storey buildings and structures, which are one of the new promising areas. The use of prefabricated reinforced concrete, in comparison with full monolithic, dramatically reduces the labor intensity of work at the construction site. The prefabricated monolithic structure during the construction of statically indeterminate systems makes it possible to quite simply ensure the spatial rigidity of the building or structure as a whole, as well as to reduce the construction time in comparison with a complete monolith by several times, reduce the labor intensity of the production of works by about 1,5÷2 times and accordingly, the value of the object decreases. Plane and bending stress states are experienced by many structures of high-rise construction.

These are beams - walls, and bracing systems, in which horizontal loads are perceived mainly by diaphragms and stiffening cores. There are various methods for solving problems for a plane and bending stress state, for example, the finite difference method, the finite element method, the limit equilibrium method and the method of concentrated deformations. The relevance in this work lies in the need to create a methodology for calculating reinforced concrete structures in multi-storey buildings and structures, based on the method of concentrated deformations (MSD) with implementation on computer technology, taking into account the influence of the expansion effect and real diagrams of deformation of concrete and reinforcement, at different loading times. It also describes in detail the formation of a flat and bending model for the analysis of reinforced concrete structures by the method of concentrated deformations, with a complete diagram of the deformation of concrete and reinforcement, taking into account geometric and physical nonlinearity, including a descending branch depending on the initial data. In addition, a comparison of the obtained results of analytical, theoretical and experimental research data is given.

## АННОТАЦИЯ

В данной статье описано использование многоэтажных зданий и сооружений, которые являются одним из новых перспективных направлений. Применение сборного железобетона по сравнению с полно

монолитным резко снижает трудоемкость работ на строительной площадке. Сборно-монолитная конструкция при возведении статически неопределимых систем позволяет достаточно просто обеспечить пространственную жесткость здания или сооружения в целом, а также в несколько раз сократить сроки возведения по сравнению со сплошным монолитом, снизить трудоемкость производства работ примерно в  $1,5 \div 2$  раза и, соответственно, снижается стоимость объекта. Плоские и изгибные напряженные состояния испытывают многие конструкции высотного строительства. Это балки-стены и системы связей, в которых горизонтальные нагрузки воспринимаются в основном диафрагмами и ядрами жесткости. Существуют различные методы решения задач для плоского и изгибного напряженного состояния, например, метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод предельного равновесия и метод сосредоточенных деформаций. Актуальность данной работы заключается в необходимости создания методики расчета железобетонных конструкций многоэтажных зданий и сооружений, основанной на методе сосредоточенных деформаций (МСД) с реализацией на вычислительной технике учета влияния расширения влияния и реальные диаграммы деформирования бетона и арматуры при различных временах нагружения. Также подробно описано формирование плоской и изгибной модели для расчета железобетонных конструкций методом сосредоточенных деформаций, с полной диаграммой деформирования бетона и арматуры с учетом геометрической и физической нелинейности, в том числе нисходящей ветвь в зависимости от исходных данных. Кроме того, дано сравнение полученных результатов аналитических, теоретических и экспериментальных данных исследований.

## II. ВВЕДЕНИЕ

В монолитных многоэтажных зданиях и сооружениях, является одним из новых перспективных направлений, его объемы

строительство в которых растут год за годом. Применение сборно-монолитного железобетона по сравнению с полным монолитным резко снижает трудоемкость производства работ на строительной площадке, исключается работа по устройству поддерживающей опалубки. Сборно-монолитная конструкция при возведении статически неопределимых систем позволяет довольно просто обеспечить пространственную жесткость здания или сооружения в целом, а также сократить сроки строительства по сравнению с полным монолитом в несколько раз, снизить трудоемкость производства работ порядка в  $1,5 \div 2$  раза и соответственно уменьшается стоимость объекта.

В многоэтажных гражданских и общественных зданиях элементы проявляют объектом ориентирования на расчетные и опытные исследования. Анализ таких обследований представляет, что у них много общего в части исходных положений, однако они различаются способом реализации. В них можно выявить общую постоянную тенденцию с использованием компьютерной технологии и усовершенствованием расчетных программ и алгоритмов [1 - 12, 14, 15].

Актуальность работы заключается в необходимости создания методики расчета плит перекрытий, опертых по контуру в монолитных многоэтажных зданиях, на основе метода сосредоточенных деформаций (МСД) с реализацией на вычислительной технике, учитывающие влияние эффекта распора и реальные диаграммы деформирования бетона и арматуры, при различных длительностях нагружения.

## III. МЕТОДИКА

Расчет несущей способности, согласно [16], рассчитывает в нормальных сечениях величины внешних сил, основываются на условной схеме распределения напряжений и деформаций в бетоне и арматуре по сечению. Расчет по образованию нормальных трещин производится, исходя из положений,

непохожих на расчет несущей способности и опытно обоснованных данных.

Расчет железобетонных элементов, объединенных податливыми связями, может выполняться методом сосредоточенных деформаций, методика детально дано в следующих трудах [2 - 10].

Напряженно-деформированное состояние железобетонных плит выражается матричным уравнением вида

$$[R] \cdot \{v\} = \{P\} \quad (1)$$

где:  $[R]$  - матрица внешней жесткости системы;

$\{v\}$  - вектор искомых перемещений элементов МСД;

$\{P\}$  - вектор узловых нагрузок.

Глобальную нумерацию элементов МСД и связей метода перемещений для всей системы целесообразно вести по длинному направлению (в данном случае длина-ширина-направо), при такой нумерации число элементов рассчитываемой конструкции в длинном направлении будет  $m$ , а коротком  $n$ , тогда ширина ленты составит  $6 \cdot m \cdot n$ .

Связь между внутренними усилиями по плоскостям сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями записываются в виде.

$$\{F\} = [Э] \cdot \{\lambda\} \quad (2)$$

где:  $\{F\}$  - вектор внутренних усилий;

$[Э]$  - матрица внутренней жесткости сечений;

$\{\lambda\}$  - 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 (1) 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

$$[R] = [A] \cdot [K] \cdot [A]^T \quad (3)$$

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 (2) связь между внутренними усилиями по плоскостям сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями для типового  $k$  - го элемента МСД запишем в матричном виде (рис. 1):

$$\{F\}_k = [Э]_k \cdot \{\lambda\}_k \quad (4)$$

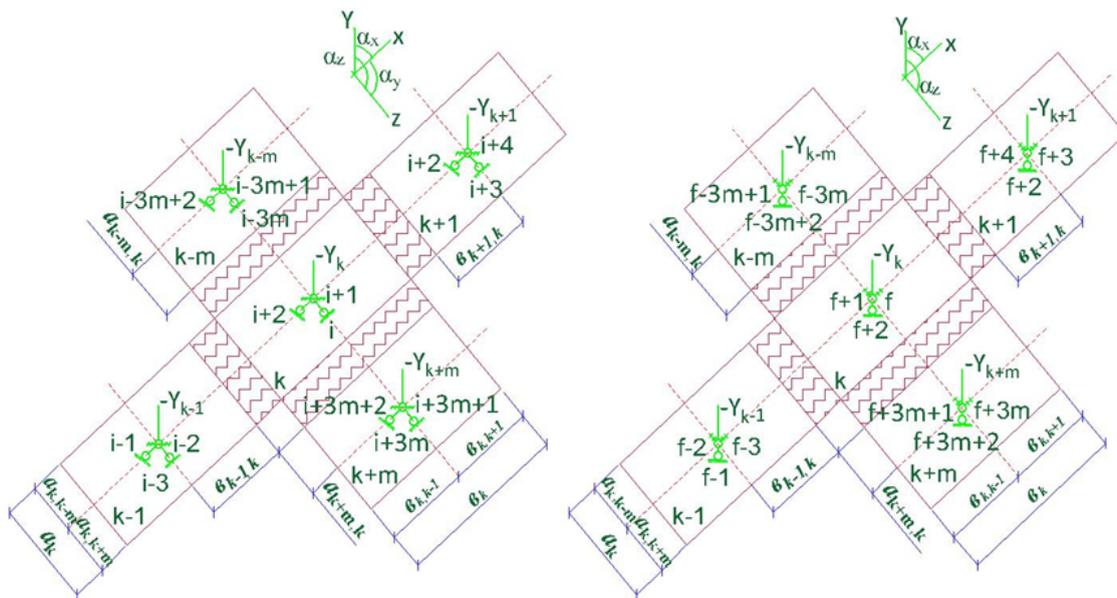
где:  $\{F\}_k$  - вектор внутренних сил по граням  $k$  - го элемента

по плоскостям сосредоточенных деформаций;

$[Э]_k$  - матрица жесткости сечений для  $k$  - го элемента

по тем же граням;

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



**Рис. 1.** Изгибаемая плита, связи метода перемещений для плоского и изгибного напряженного состояния

Настоящие исследования по улучшению расчетов элементов ведутся по некоторым условиям, выделяющихся признаками:

- использование в расчетах полных диаграмм деформирования «для одноосного сжатия и растяжения бетона и арматуры при различных режимах работы»;
- объединение расчетов сечений с выявлением внутренних сил в статически неопределимых системах;
- применение в расчетах компьютерной технологии.

Остановимся на отдельных из сформулированных условий.

В данной работе железобетонные элементы имеют отдельные признаки и основываются на соответствующие положения:

- продольные деформации бетона и арматуры в сечениях на всех ступенях нагружения разделяют по закону плоского деформирования;
- продольные деформации и надлежащие им нормальные напряжения в бетоне и арматуре получаются «средними»;
- сечения элемента может быть любой формы – прямоугольник, круг, двутавр, швеллер и т.д. (рис. 2).

Закон о распределении продольных деформаций в бетоне и арматуре по закону гипотезы плоских сечений для напряженно-деформированного состояния является спорным. Однако работа в стадии до образования трещин, что и принято в работах [16], что является справедливой и для стадии после образования трещин, но в сечениях между трещинами и в сечениях прямо по трещине; в других участках конечно искривление сечений.

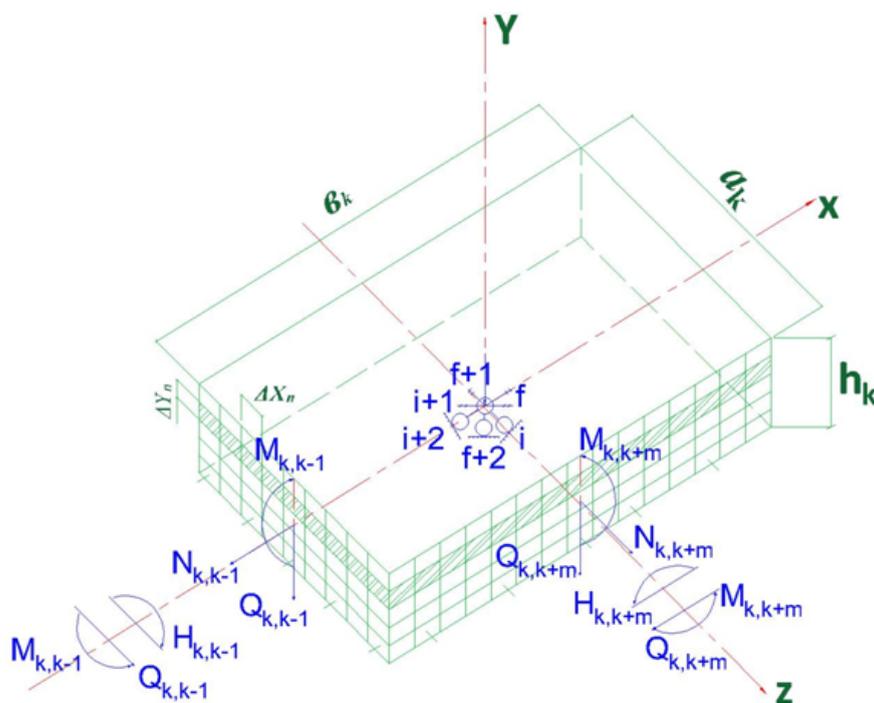


Рис. 2: Расчетная модель для сечения прямоугольной формы

Для участков между трещинами по гипотезе плоских сечений, используется среднее значение деформаций бетона и арматуры. Также допускается, подключение некоторого условно «растяжимого» бетона, который в целом сохраняет интегральные жесткостные свойства элементов. Тем не менее, вводимый в расчет «растяжимый» бетон, позволяет оценить ширину раскрытия трещин, как это сформулировано в работах [13].

Для расчета элементов аналогичное применение сделано недостаточно, что разъясняет максимальной физической схематичностью явления. Существенным ступенем в формировании расчетной методики с нелинейно-работающих элементов, возникшим употреблением вычислительной техники при использовании итерационных процессов. При расчете несущей способности и жесткости элементов и разрешило принимать всесторонние результаты, в наибольшем уровне сближающиеся с опытными данными.

В расчетах несущей способности, показанных в данной работе, сосредоточивало, что растянутый бетон действует с полной диаграммой деформирования « $\sigma_{et} - \epsilon_{bt}$ », овладевая нисходящую ветвь полной

протяженности в локализации от выводных данных (рис. 3).

С точки зрения о «растяжимости» бетона, без увеличения его деформаций можно признать классическим изображение растянутого бетона в элементах, соответственно после появления в бетоне деформаций  $\epsilon = \epsilon'_{et}$  и напряжений  $\sigma_{et} = R_{et}$  он исключает растяжение, в результате сечениях появляется трещина.

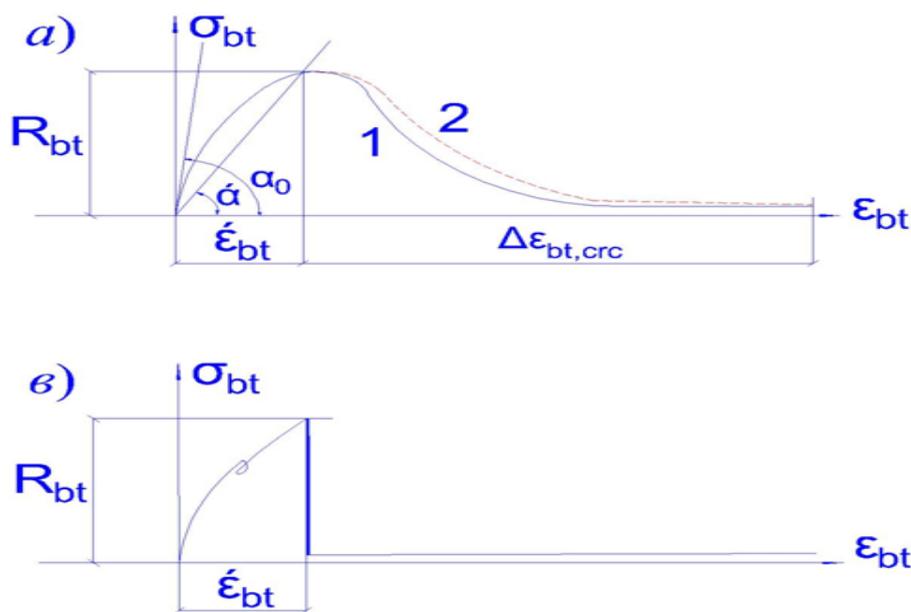


Рис. 3: Диаграммы деформирования « $\sigma_{bt}-\epsilon_{bt}$ » для растяжения бетона:  
 а) для первого случая бетона, б) для второго случая бетона

Исходя из вышеизложенного, следует перечислить некоторые недостатки:

- в расчетах должно проводиться рассмотрение напряженно деформированного состояния во всех сечениях и определить, имеются ли (или не имеются) трещины в бетоне;
- при расчетах высокой точности (итерации) может быть «зацикливание», т.е. с образованием трещин в растянутом бетоне создается изменение характеристики неустойчивости сечений.

Тем не менее, включение «растяжимого» бетона в расчетную методику, должно принимать соответствующее обоснование.

Представим, что с применением расчетной методики «растяжимого» бетона и использованием отдельных условий, можно получить равные результаты, имеющие место в расчетной методике с ограниченно растяжимым бетоном. При расчете элементов, следует учесть не только геометрическую нелинейность, но и физическую нелинейность.

При незначительном эксцентриситете нормальной силы  $N$  относительно главной оси деформация бетона на не более напряженной границе может быть совершенно небольшой и

соответственно, секущий модуль деформации близок к первоначальному, т.е.  $E'_m = E_m$ .

Таким образом, физическая нелинейность, проходящей сквозь середину жесткостей элемента в условиях учета степени деформированного состояния, «отходит» от линии действия нормальной силы  $N$ , повышая первоначальный эксцентриситет.

В результате физической нелинейности, соответствующие максимально полученные величины деформированного состояния элемента «приближаются» к контуру действия нормальной силы  $N$ , при этом снизив первоначальный эксцентриситет.

По методу сосредоточенных деформаций физическая нелинейность на определенной ступени нагружения и в любом другом элементе принимается машинально, что в матрице жесткости сечения содержатся несколько элементов, в которых не равноправны нулю и размер тот или другой устанавливается величиной деформированного состояния в сечении.

Согласно [5 - 10], диаграммы « $\sigma_m - \epsilon_m$ » для бетона и арматуры при одноосном сжатии и растяжении принимаются в единообразной форме:

$$\sigma_m = E'_m \cdot v_m \cdot \varepsilon_m = E_m \cdot \varepsilon_m \quad (5)$$

где:  $v_m$  – коэффициенты упругих деформаций материала (бетона, арматуры).

здесь:  $E_m = v_m \cdot E'_m$ ;  $v = e^{m \cdot (\varepsilon / \varepsilon_0)^{m-1}}$ ;  $m = \ln(R_g / E_g \cdot \varepsilon)$ .

В непластической стадии работы, если осевые координаты перемещены к основной, то физическая нелинейность приближаться к основной, в результате чего будет считаться главной.

Отсюда можно заметить, что в порядке произведений на показанные условия не принимается интерес, из этого принимаемые ответы могут включать погрешность, уровень которых устанавливается абстрактной расчетной ситуацией.

В частности расчет по деформированной схеме элементов останется тем же, что и для упругих элементов с различием, что на определенной итерации при образовании вектора дополнительных узловых моментов наряду с этим рассчитываются элементы матрицы жесткости и матрицы внешней жесткости.

Расчет железобетонных элементов на основе изложенного осуществляется по программе и алгоритму на компьютерной технологии.

При этом решались следующие задачи:

- установление параметров, т.е. точности  $\omega$  при минимальном числе итераций;
- нахождение рациональных приемов разбивки сечений на элементарные участки;
- проверка требуемых схем о разбивке железобетонных элементов на элементы метода сосредоточенных деформаций;
- проверка подсчета деформаций и перемещений для железобетонных элементов в упругой работе, с учетом деформирования расчета при разных условиях опирания и нагружения.

Указанные задачи решались по данным различных опытов, которые присущи расчетным условиям.

### III. РЕЗУЛЬТАТЫ

*Пример 1:* Рассмотрим прямоугольное сечение с одиночной арматурой в условиях прямого изгиба (рис. 4).

Требуется определить несущую способность нормальных сечений по методу сосредоточенных деформаций и сопоставить с результатами опыта.

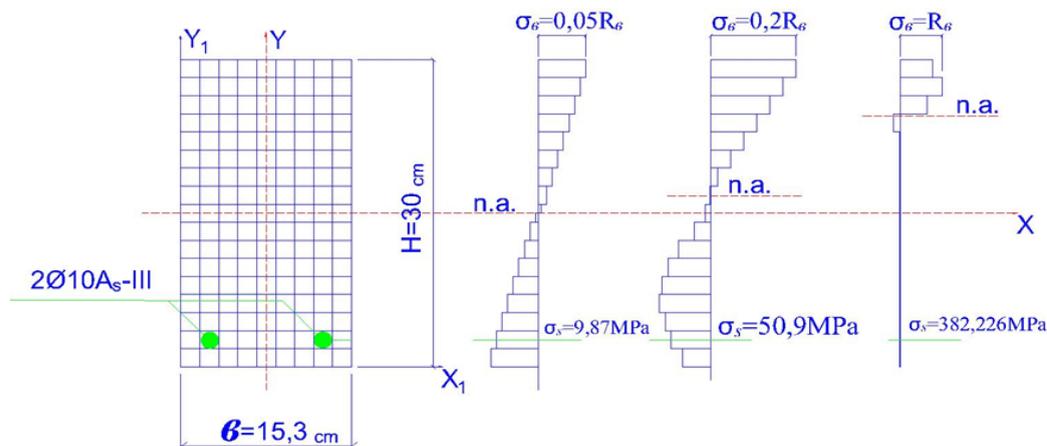


Рис. 4: Изгибаемый элемент с одиночной арматурой

Отыскивание вектора, соответствующего несущей способности, т.е. сформированного поэтапного повышения вектора  $\{F\}$  (ступени приняты  $0,1 \cdot \{F\}_{опыт}^*$ ), при котором появлялись разрушения, т.е. доходил вектор  $\{F\}_{max}$ . Затем вектор  $\{F\}^*$  применялся между  $\{F\}^* - 0,1 \cdot \{F\}_{опыт}^*$  и  $\{F\}^*$  с точностью  $\Omega = 0,01$ .

Ступени нагружения вектора  $\{F\}^*$  определяются исходя из приближенного расчета, при этом должно осуществляется, по вероятности, полагая, что точность итерационного расчета  $\Omega = 0,01$  в оценочном расчете вектора  $\{F\}^*$  мало трансформирует искомый результат.

Отсюда следует, что при небольших степенях нагружения итерационные процессы с точностью  $\omega = 0,01$  сближаются быстро, на

*Пример 2:* Произвести расчет несущей способности и жесткость железобетонных элементов прямоугольного сечения ( $B \cdot H = 15,3 \times 30,5$  см, длиной 3м) и загруженной сосредоточенными силами в 2-х точках. Характеристики материалов: бетон -  $R_b = 29,5$  МПа,  $R_{ct} = 1,6$  МПа,  $E_b = 39500$  МПа;  $\epsilon_B = 2,5$  %; арматура -  $2\phi 16$  класса А-II с  $R_y = 359$  МПа,  $R_{su} = 498$  МПа,  $E_s = 2 \cdot 10^5$  МПа.

Расчет осуществлялся на компьютерной технологии (рис. 5).

первых ступенях за 5-7 итераций, а для достижения точности на конечных ступенях потребуется несколько десятков итераций. Разрушение, выявленное по материалам расчетов, соответственно предполагать разрушение бетона: в растянутой арматуре напряжение одолело предел текучести, но не достигло временного сопротивления ( $\sigma_{s,расч.} = 382,226$  МПа), при этом деформация составила 2,2%.

Таким образом, следует утверждать, что принятое расчетом напряженно-деформированное состояние элемента соответствует этапу разрушения, а результаты разрушающего момента ближе к опытному, т.е. меньше опытного на 8,8%.

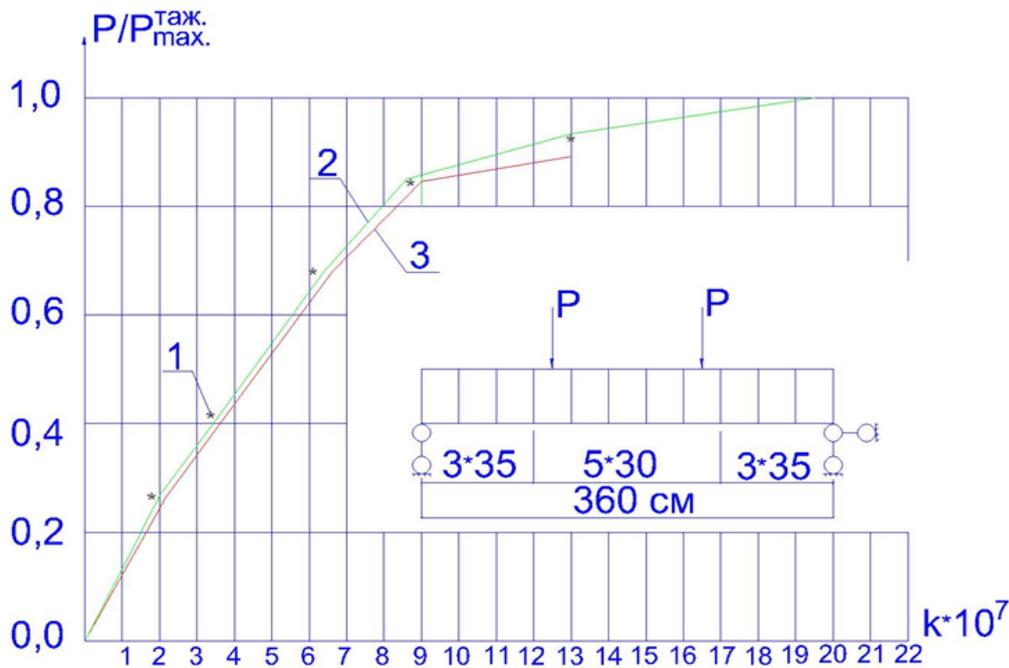


Рис. 5: Изменение кривизны продольной оси при нагружении: 1 – по СнИП, 2 – по методу сосредоточенных деформаций, 3 – по опыту

Железобетонный элемент в пролете разбит на 11 элементов методом сосредоточенных деформаций с тремя степенями свободы, длиной 0,35 м и 0,3 м. Разрушающая нагрузка по расчету составила  $P^* = 33$  кН, экспериментальное значение  $P_{\text{экс.}}^* = 33,3$  кН.

В упругой стадии работы прогибы элемента в середине пролета различаются от аналитически вычисленных на +0,547%, углы поворота в опорных элементах на +0,8%, кривизны в середине пролета – на 0,01%.

Таким образом, что вычисления прогиба по изложенной методике при сравнительно небольшом числе элементов метода сосредоточенных деформаций дают значительную точность.

На рис. 6, представлены эпюры кривизны и изгибающих моментов для двух ступеней загрузки при нагрузке, составляющей 70% от разрушающей и 96% от разрушающей.

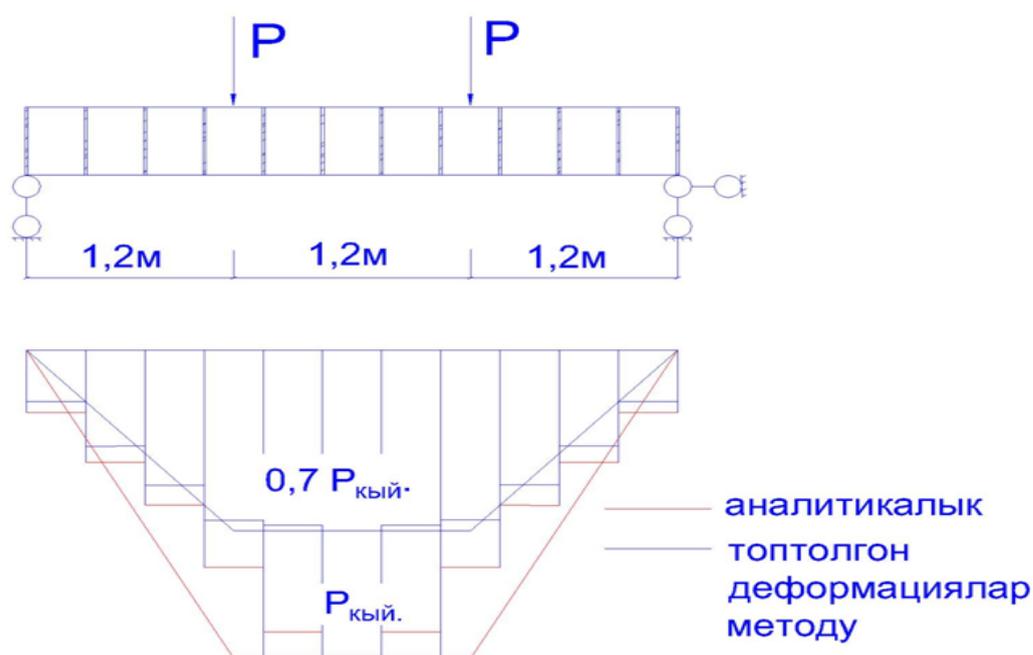


Рис. 6: Эпюры изгибаемых моментов

Отсюда следует, что с увеличением нагрузки эпюра кривизны постепенно отклоняется от эпюры изгибающих моментов. При нагрузке 70% от разрушающей составила +1,3% и при нагрузке в 96% от разрушающей нагрузки +17% по сравнению с расчетами по методу сосредоточенных деформаций.

#### IV. ВЫВОДЫ

1. В расчетах приводятся полные диаграммы деформирования « $\sigma - \epsilon$ » для бетона и арматуры с учетом нисходящей ветви, при различных условиях нагружения.
2. Расчетные положения, в данном исследовании, основываются на характеристики жесткости, вычисляемых

сравнительно, произвольно принятых координатных осей.

3. По разработанному алгоритму решается задача проверки несущей способности статистически неопределимого элемента при заданных нагрузках и принятых размерах сечений, классах бетона и арматуры, а также длительности действия внешней нагрузки.

список использованной литературы

1. Байков В.Н., Додонов М.И., Расторгуев Б.С., Фролов А.К., Мухамедиев Т.А., Кунижев В.Х. Общий случай расчета прочности железобетонных элементов по нормальным сечениям // Бетон и железобетон. - 1987. - № 5. - С. 16-18.

2. Додонов.М.И. Развитие и применение метода сосредоточенных деформаций к расчету проемных диафрагм многоэтажных зданий. – Строительная механика и расчет сооружений, 1984, № 6, - С. 65-69.
3. Додонов М.И., Мухамедиев Т.А., Кунижев В.Х., Адыракаева Г.Д. Расчет прочности и перемещений стержневых железобетонных элементов по деформированной схеме // Строительная механика и расчет сооружений. - 1987. - № 3.
4. Додонов М.И., Зулпуев А.М. Эффект распора сборных сплошных плоских плит перекрытий в монолитных многоэтажных зданиях. - В кн.: Тезисы докладов, т. 2, Всесоюзное координационное совещание "Экономичное армирование железобетонных конструкций" сентябрь. 1990// Фрунзе. 1990. - С. 78-80.
5. Зулпуев А.М., Султанов У. Метод сосредоточенных деформаций для расчета сборных железобетонных распорных плит перекрытий. //Научно-технический журнал. № 7-8/2004. – Ходжент. - 2004. - С. 43-53.
6. Зулпуев А.М. Влияние распора на работу статических неопределимых систем. // Научно-технический журнал «Известия». ОшТУ. № 1, 2005. – Ош. - 2005. - С. 23-25.
7. 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». № 2, 2005. - Москва. - 2005 – С. 14-17.
8. Зулпуев А.М. Расчет сборных железобетонных плит перекрытий, опертых по контуру, по методу сосредоточенных деформаций // Известия. - Ош. - 2005. - № 2. - С. 31-37.
9. Зулпуев А.М., Бактыгулов К. Дискретная расчетная модель для нормальных сечений железобетонных стержней несущих систем многоэтажных зданий//Электронный научно-практический журнал «СИНЕРГИЯ ». Воронежский экономика-правовой институт РФ. - Воронеж. - 2016. - № 2 (4). - С.63-72.
10. Зулпуев А.М., Ганыев А.М. Расчет по методу сосредоточенных деформаций железобетонных стержневых систем с учетом физической нелинейности// Электронный научно-практический журнал «СИНЕРГИЯ». Воронежский экономика-правовой институт РФ. - Воронеж. - 2016. - № 5. - С.100-108.
11. Карпенко Н.И. К расчету железобетонных пластин и оболочек с учетом трещин. – Строительная механика и расчет сооружений, 1971, № 1.-С.7-13.
12. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. - М.: Стройиздат, 1976. - 204 с.
13. Поляков С.В., Денисов Б.Е. Анализ работы крупнопанельные зданий на действия горизонтальных (сейсмических, ветровых) нагрузок с использованием плоских и пространственных моделей //Строительство и архитектура Узбекистана. - 1967. - № 3.
14. Ржаницын А.Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. - 1980. - № 5. - С. 15-20.
15. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат. 1986. – 315 с.
16. СНиП 2.03.01-84\*. Железобетонные конструкции. Нормы проектирования. - М., 1999. - 79 с.