

УДК 624.012.45

**ПРОГРАММА “МСД” ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛОСКО-НАПРЯЖЕННЫХ
НЕСУЩИХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В УПРУГОЙ СТАДИИ РАБОТЫ**

Ш.С. Абдыкеева, А.М. Зулпуев, Б.С. Ордобаев

Приведено описание блок-схемы для расчета плоских железобетонных несущих элементов по программе “МСД”, даны примеры расчётов по методу сосредоточенных деформаций.

Ключевые слова: метод сосредоточенных деформаций; плоские железобетонные несущие системы; расчет; блок-схема.

**“MSD” PROGRAM FOR CALCULATION OF PLANE-STRESSED CARRIER SYSTEMS
OF MULTI-STORAGE BUILDINGS IN ELASTIC STAGE OF WORK**

Sh. S. Abdykeeva, A.M. Zulpuev, B.S. Ordobaev

This article is devoted to description of the flowchart for the calculation of flat reinforced concrete bearing elements on the program "MSD". Examples of calculations by the method of concentrated deformations are given.

Keywords: method of concentrated deformations; flat reinforced concrete load bearing system; calculation; block diagram.

Плоские железобетонные несущие элементы и их системы работают под нагрузкой, как правило, в неупругой стадии и при их расчете это должно учитываться.

Вместе с тем, расчеты железобетонных плоских несущих систем на ЭВМ, основывающиеся на итерационных подходах, начинаются от упругого состояния, принимаемого в качестве первого приближения [1–3].

Задачи о плоском напряженном состоянии элементов и несущих систем методом сосредоточенных деформаций решаются на ЭВМ в такой последовательности.

Во-первых, составляется расчетная схема, т. е. назначаются плоскости (линии) сосредоточенных деформаций.

Получающиеся при этом элементы МСД могут иметь квадратную или прямоугольную форму. Разбивку исходной плоской системы на элементы МСД следует производить, учитывая некоторое предварительное представление о работе рассматриваемой конструкции: плоскости сосредоточенных деформаций следует совмещать с местами наибольших усилий в системе, а также с реальными швами (связями); число элементов МСД следует принимать по возможности небольшим; целесо-

образно стремиться также к однотипности элементов МСД, даже если это приводит к увеличению их общего числа.

Во-вторых, описываются физические свойства рассматриваемой системы, и формируется матрица внутренней жесткости в памяти ЭВМ. По заданным размерам элементов МСД, их упругим свойствам и характеристикам реальных швов вычисляются: характеристики жесткости комплексных связей метода сосредоточенных деформаций; характеристики комплексных связей МСД сохраняются в памяти ЭВМ, а при необходимости используются и матрицы внешней жесткости.

В-третьих, формируется вектор нагрузок, как реакция в фиктивных связях метода перемещений, накладываемых на каждый элемент МСД, от внешних сил. Эти реакции в связях вычисляются элементарными уравнениями равновесия для каждого элемента МСД, рассматриваемого изолированно от всех примыкающих к нему элементов, закрепленного связями метода перемещений и нагруженного непосредственно приложенной нагрузкой.

В-четвертых, формируется матрица внешней жесткости всей плоской системы.



Рисунок 1 – Блок-схема программы “MSД”

В-пятых, формируется и решается система уравнений метода перемещений общего типа:

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

неизвестными которой являются перемещения элементов МСД (по два линейных и одному угловому).

Система линейных алгебраических уравнений (1) с ленточной симметричной матрицей, полностью помещающейся в памяти ЭВМ, решается по стандартной программе.

В-шестых, вычисляются внутренние усилия по граням элементов (продольные и поперечные силы и изгибающие моменты). Блок-схема программы “MSД” представлена на рисунке 1.

По программе “MSД” выполнены многочисленные расчеты; приведем некоторые из них. Эти примеры позволяют проиллюстрировать возможности метода сосредоточенных деформаций и оценить точность получаемых решений (в сравнении с другими).

Пример 1. Консольная балка-стенка загружена по торцу касательными силами, распределенными по закону квадратной параболы; точное решение этой задачи дается во многих курсах по теории упругости [4], при таком распределении нагрузки должно сохраняться линейное распределение нормальных напряжений σ_z по всей высоте (рисунок 1).

Деформативные свойства элементов МСД сосредоточены по линиям (плоскостям) разбивки, а также на периферии; такая схема приводит к одинаковым характеристикам жесткости собственных условных связей во всех элементах. При

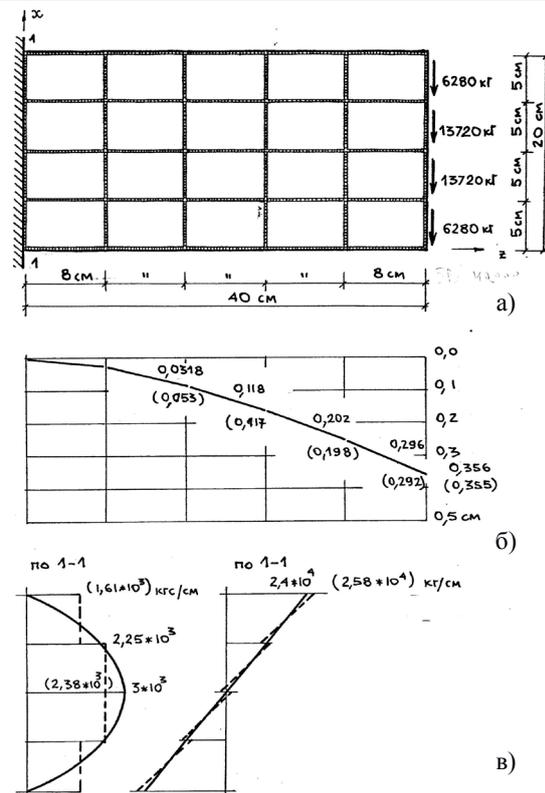


Рисунок 2 – Расчет консольной балки-стенки: а – схема МСД, б – прогибы, в – касательные и нормальные напряжения

достаточно “грубой” разбивке (рисунок 2, а) в этом случае достигается хорошее совпадение по прогибам продольной оси (рисунок 2, б), нормальным напряжениям (рисунок 2, в); отмечается заметное расхождение в величинах касательных напряжений, что вызывается заложенным в расчете равномерным распределением касательных напряжений, в том числе и для элементов, выходящих на контур, свободный от нагрузок.

Пример 2. Та же консольная балка, но с разбивкой на $10 \times 20 = 200$ элементов МСД загружена по торцу сдвигающими напряжениями, распределенными по закону квадратной параболы (рисунок 3).

Из рисунка 3, б видно, что вычисленные по МСД прогибы хорошо согласуются с полученными по формулам теории упругости; то же можно сказать о нормальных напряжениях (рисунок 3, в); касательные напряжения, в отличие от примера 2, сблизилась с вычисленными по формулам теории упругости.

Пример 3. Квадратная балка-стенка жёстко заделана по боковым граням (опоры воспринимают распорные силы) и загружена равномерно

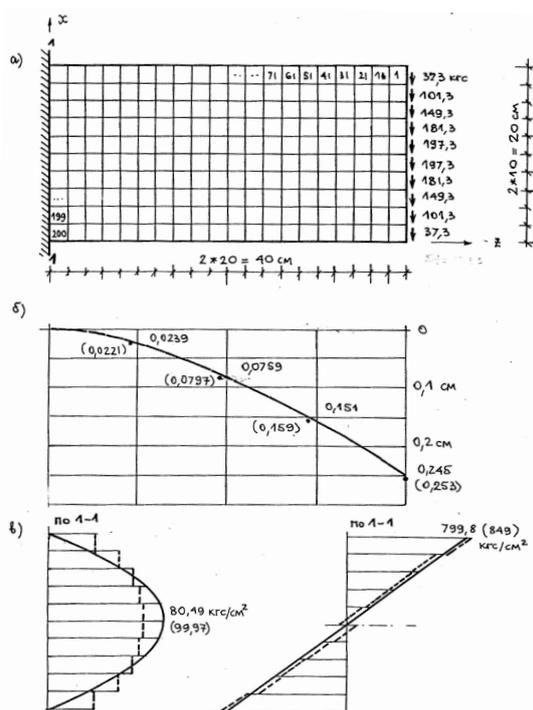


Рисунок 3 – Расчет консольной балки-стенки:
а – схема МСД, б – прогибы, в – касательные
и нормальные напряжения

распределённой по верхней грани нагрузкой интенсивностью $q = 1 \text{ кгс/см}$.

Размеры балки-стенки: $a \cdot b = 12 \cdot 12 \text{ см}$, толщина $t = 1 \text{ см}$, материал принят с характеристиками: модулем упругости $E = 2 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}^2$ и коэффициентом поперечного расширения $\nu = 0,3$.

Целью настоящих расчётов по методу сосредоточенных деформаций (МСД) являлась проверка этой расчётной модели и основных её допущений. Сравнение проведено с табличными данными [5], а также с результатами специально выполненных расчётов по МКЭ при той же степени дискретизации с узлами МКЭ, имеющими три степени свободы (два линейных и одно угловое перемещение в плоскости балки-стенки).

Литература

1. Абдыкеева Ш.С. Некоторые вопросы сейсмостойкости несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений / Ш.С. Абдыкеева // Вестник КРСУ. 2012. Т. 12. № 7. С. 35–39.
2. Зулпуев А.М. Пространственная работа сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений / А.М. Зулпуев, М.Т. Насиров, Ш.С. Абдыкеева. Бишкек: Айат, 2016. 130 с.
3. Абдыкеева Ш.С. Расчет по методу сосредоточенных деформаций железобетонных стержневых систем с учетом физической нелинейности и деформированной расчетной схемы / Ш.С. Абдыкеева // Матер. II МНПК “Совершенствование системы прогнозирования, снижения и смягчения ущербов от опасностей”. Бишкек: КРСУ, 2017. С. 18–19.
4. Никифоров С.Н. Теория упругости и пластичности / С.Н. Никифоров. М., 1955. 284 с.
5. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин / Д.В. Вайнберг. Киев, 1973. 487 с.