

02.23.17

P939

На правах рукописи

Рыжков Алексей Юрьевич

МЕТОД РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ МОНОЛИТНЫХ
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ

Специальность 05.23.17 - "Строительная механика"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Челябинск-1996

Работа выполнена в Челябинском государственном техническом университете на кафедре строительной механики.

Научный руководитель - Действительный член Российской академии архитектуры и строительных наук, доктор технических наук, профессор Соломин В.И.


Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Садаков О.С.,
кандидат технических наук, доцент
Шматков С.Б.

Ведущая организация: АИ институт "Челябинскгражданпроект"

Защита состоится 26 июня 1996 года в 15 часов на заседании Регионального специализированного совета К 053.13.05 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Челябинском государственном техническом университете по адресу: 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76, ауд. 244.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Университета.

Автореферат разослан " " мая 1996 г.

Ученый секретарь Регионального специализированного совета кандидат технических наук, доцент  Т.В. Тругунов

Общая характеристика работы

Разработка и совершенствование методов расчета фундаментных конструкций - одна из актуальных задач строительной механики, поскольку фундамент является неотъемлемой частью всякого сооружения. Затраты на возведение фундаментов, по различным оценкам, лежат в пределах от 5-ти до 25-ти процентов общей строительной стоимости объекта.

В последнее время в связи с развитием строительства монолитных высотных зданий все большее распространение получают плитные фундаменты. Их особенностью является совместная работа с грунтовым основанием и жестким монолитным надфундаментным строением, что обуславливает необходимость учета этих факторов при расчете фундаментных плит. Несмотря на все большее применение электронно-вычислительных машин в практике проектирования и расчета строительных конструкций, все еще сохраняется определенный дефицит в программном обеспечении. Это нередко вынуждает проектные организации при расчете фундаментных плит пользоваться таблицами или программными комплексами, не предназначенными для расчета системы "основание-фундаментная плита-верхнее строение".

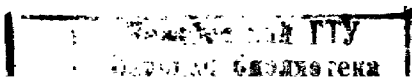
Между тем, для решения этой проблемы необходимы специализированные программы, в которых главное внимание было бы уделено плите и ее взаимодействию с основанием. При этом в целях максимального снижения мерности задачи необходимо, не внося больших погрешностей, упростить ту ее часть, которая отражает влияние верхнего строения на плиту.

Диссертационная работа выполнялась в рамках научно-технической программы "Архитектура и строительство" и явилась частью исследований, проводимых на кафедре строительной механики ЧТУ.

Целью диссертационной работы является разработка метода расчета железобетонных фундаментных плит монолитных высотных зданий с учетом жесткости верхнего строения и реальных грунтовых условий.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ современного состояния вопроса.



2. Разработка математической модели, алгоритма и программы расчета фундаментных плит монолитных зданий на основании с переменным коэффициентом жесткости.

3. Разработка алгоритма и программы для определения переменного коэффициента жесткости основания, учитывающего реальные грунтовые условия, совместную работу фундаментной плиты с основанием и надфундаментным строением.

4. Проведение оценки точности получаемого решения с имеющимися известными аналитическими решениями и решениями других авторов.

5. Использование ЭВМ-программы для расчета реальных фундаментных плит.

Методы исследования, использованные в диссертационной работе:

- вариационно-разностный метод построения разрешающих уравнений,
- разработка программного комплекса для IBM PC,
- сравнительный анализ численных расчетов с известными апробированными решениями.

Достоверность научных положений и их результатов обеспечивается:

- строгостью постановки задач и обоснованием основных соотношений, описывающих процесс деформирования основания и фундаментной плиты;
- сравнением результатов с известными апробированными решениями;
- анализом полученных решений с точки зрения их физической достоверности.

Научную новизну диссертационной работы составляют:

- разрешающие уравнения изгиба фундаментной плиты с жестким верхним строением;
- алгоритм и ЭВМ-программа расчета фундаментных плит монолитных высотных зданий;
- методика определения переменного коэффициента жесткости основания, учитывающая совместную работу фундаментной плиты с основанием и верхним строением, а также реальную грунтовую обстановку;
- результаты численных исследований расчета фундаментных плит.

Практическая значимость

Разработана программа ПЛТ-1 для расчета на ЭВМ железобетонных фундаментных плит монолитных высотных зданий, позволяющая уточнить распределение внутренних усилий в фундаментной плите, а также подобрать арматуру. Программа ПЛТ-1 позволяет учитывать реальную грунтовую обстановку.

Внедрение результатов работы: Результаты работы внедрены в акционерной строительной фирме "Челябстрой", которая занимается проектированием и строительством монолитных многоэтажных жилых и общественных зданий.

На защиту выносятся:

- разрешающие уравнения изгиба фундаментной плиты с жестким верхним строением;
- методика определения переменного коэффициента жесткости основания, учитывающая совместную работу фундаментной плиты с основанием и верхним строением, а также реальную грунтовую обстановку;
- алгоритм и ЭВМ-программа расчета фундаментных плит монолитных высотных зданий;
- результаты численных исследований расчета фундаментных плит.

Структура работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 127 наименований и приложения. Работа изложена на 130 страницах, включая 45 рисунков и 12 таблиц.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы изложены на первых уральских академических чтениях, на 53-й научно-технической конференции НГАС (г. Новосибирск), научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета 1990- 96 г.г.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 5 печатных работ.

Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность темы, ее научная и практическая целесообразность. Сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

В первой главе дан анализ состояния изучаемого вопроса, описываются способы учета совместной работы основания, фундамента и надземных конструкций. Описаны основные линейные модели, используемые для расчета фундаментных плит.

Исследованиями в этой области занимались Г.М.Бобрицкий, И.П. Бойко, Е.З. Болтянский, А.К. Бугров, М.С. Вайнштейн, В.Л. Высоковский, А.Д. Гильман, М.И. Горбунов-Посадов, А.М. Горлов, И.И. Гудушаури, Б.Н. Жемочкин, Ю.К. Зарецкий, С.Н. Клепиков, А.И. Козачевский, Б.Г. Коренев, Б.В. Латышев, Т.А. Маликова, М.В. Мальшев, Д.М. Мещеряков, Ю.М. Мурзенко, В.И. Обозов, С.А. Ривкин, Р.В. Серебряный, И.А. Симвулиди, В.И. Соломин, Д.А. Сорочан, А.С. Сытник, Ю.Ю. Чинилин, С.Б. Шматков, Е.Б. Фрайфельд и др.

Анализ работ, приведенных в обзоре показал, что имеется необходимость в разработке метода расчета фундаментных плит, взаимодействующих с очень жестким верхним строением. Кроме того, следует усовершенствовать принятый в настоящее время подход, при котором расчет фундаментных плит искусственно разделен на две задачи: определение усилий в фундаменте и расчет осадок.

Во второй главе приведены основные уравнения, метод и алгоритм решения задачи. Основные уравнения получены вариационно-разностным методом. При этом основные уравнения сводятся к следующей системе уравнений:

$$\begin{aligned} \nabla^2 \nabla^2 w &= (q - p)/D, \\ v &= v(p), \\ v &= w, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\nabla^2 \nabla^2$ - дифференциальный оператор;

w - прогиб плиты;

D - цилиндрическая жесткость плиты;

q - распределенная нагрузка на плиту;

Решение задачи основывается на трех группах исходных уравнений:

I) статических, которые запишем в форме минимума полной потенциальной энергии системы Π (принцип Лагранжа):

$$\frac{\partial \Pi}{\partial W_{i,j}} = 0, \quad (2)$$

где $\Pi = V + Vg + U$ - полная потенциальная энергия деформации системы "плита-основание"; V - потенциальная энергия деформации плиты; Vg - потенциальная энергия деформации основания; U - изменение потенциала внешних сил; $W_{i,j}$ - вертикальные перемещения узла разностной сетки, i, j ;

2) физических, которые для изотропной плиты определяют связи между моментами и кривизнами в виде соотношений:

$$\begin{aligned} M_x &= D(K_x + \nu K_y), \\ M_y &= D(K_y + \nu K_x), \\ M_{xy} &= D(1-\nu)K_{xy}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $D = Eh^3/[12(1-\nu^2)]$ - цилиндрическая жесткость плиты, ν - коэффициент Пуассона, h - толщина плиты.

3) геометрических, связывающих кривизны срединной плоскости плиты с ее вертикальными перемещениями. Эти соотношения имеют вид:

$$K_x = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad K_y = -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}, \quad K_{xy} = -2\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (4)$$

Составляющие полной потенциальной энергии деформации системы имеют вид:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} \iint (M_x K_x + M_y K_y + M_{xy} K_{xy}) dA, \\ Vg &= \frac{1}{2} \iint_{A_p} p w dA, \\ U &= - \iint_{A_p} q w dA, \end{aligned} \quad (5)$$

где A_p - площадь фундаментной плиты.

Учитывая громоздкость получаемых при этом дифференцировании выражений и повторяемость в разных комбинациях целых групп слагаемых для разных типов узлов (см. рис. 1), произ-

водная от $\partial\Pi/\partial W_{i,j}$, представлена в виде ряда относительно простых операторов.

Использование этих операторов позволяет автоматизировать процесс получения матрицы коэффициентов разрешающих уравнений.

Для решения задачи воспользуемся методом неопределенных множителей Лагранжа. Условимся называть узлы разностной сетки принадлежащие фундаментной плите и верхнему строению-контактными, узлы принадлежащие только фундаментной плите-свободными. Среди контактных узлов выберем три узла, не лежащие на одной прямой. Эти узлы назовем базовыми.

Составим функционал Лагранжа

$$\Phi = \Pi + \sum_{i=1}^n \lambda_i \varphi_i, \quad (6)$$

где Π - полная потенциальная энергия системы "основание-фундаментная плита";

λ_i - неопределенные множители Лагранжа;

φ_i - уравнения связи.

Условие минимума функционала (6) можно представить в следующем виде :

$$\partial\Phi/\partial W_{i,j} = 0, \quad \partial\Phi/\partial\varphi_i = 0, \quad \partial\Phi/\partial\lambda_i = 0. \quad (7)$$

Уравнения связи $\varphi_i = 0$ определяют перемещения любой контактной точки плиты через перемещения базовых узлов.

Принимая, что перемещения точек верхнего строения подчиняются закону плоскости, представим уравнения связи $\varphi_i = 0$ в виде:

$$\beta_1^t \cdot W_1^b + \beta_2^t \cdot W_2^b + \beta_3^t \cdot W_3^b - W_i = 0, \quad (8)$$

$(t=1,2,3,\dots,t)$

где t - количество контактных узлов,

$W_{1,2,3}^b$ - перемещения базовых узлов,

W_i - перемещение контактных узлов,

$\beta_{1,2,3}^t$ - коэффициенты влияния.

Для определения коэффициентов влияния β^t , входящих в уравнения связи (8), рассмотрим часть фундаментной плиты с произвольным расположением несущих стен (рис. 2). Нанесем на

плане фундаментной плиты три базовых узла не лежащие на одной прямой (на рис. 2) обозначены римскими цифрами) и рассмотрим расположение произвольного контактного узла a , по отношению к базовым (рис. 3). Из подобия треугольников видно, что отношение $r_a/r_3 = \Delta y_a/\Delta y_3^b$.

Уравнение прямой I-II:

$$y = \frac{y_2^b - y_1^b}{x_2^b - x_1^b} (x - x_1^b) + y_1^b, \quad (9)$$

тогда, Δy_a и Δy_3^b можно определить из уравнений:

$$\Delta y_a = y_a - \frac{y_2^b - y_1^b}{x_2^b - x_1^b} (x - x_1^b) - y_1^b, \quad (10)$$

$$\Delta y_3^b = y_3^b - \frac{y_2^b - y_1^b}{x_2^b - x_1^b} (x - x_1^b) - y_1^b. \quad (11)$$

Отсюда, запишем отношение $\Delta y_a/\Delta y_3^b$

$$\Delta y_a/\Delta y_3^b = \frac{(y_a - y_1^b)(x_2^b - x_1^b) - (y_2^b - y_1^b)(x_a - x_1^b)}{(y_3^b - y_1^b)(x_2^b - x_1^b) - (y_2^b - y_1^b)(x_3^b - x_1^b)}. \quad (12)$$

Таким образом, коэффициент влияния β_3^a прогиба в базовой точке 3 на прогиб в контактной точке a , определяется уравнением (12).

Аналогично определяются и другие коэффициенты:

$$\beta_1^a = \frac{(y_a - y_2^b)(x_3^b - x_2^b) - (y_3^b - y_2^b)(x_a - x_2^b)}{(y_1^b - y_2^b)(x_3^b - x_2^b) - (y_3^b - y_2^b)(x_1^b - x_2^b)}, \quad (13)$$

$$\beta_2^a = \frac{(y_a - y_3^b)(x_1^b - x_3^b) - (y_1^b - y_3^b)(x_a - x_3^b)}{(y_2^b - y_3^b)(x_1^b - x_3^b) - (y_1^b - y_3^b)(x_2^b - x_3^b)}. \quad (14)$$

После определения всех коэффициентов влияния $\beta_{1,2,3}^a$, получим функционал системы, который определяет перемещение узлов разностной сетки при наличии абсолютно жесткого верхнего строения.

Дифференцируя функцию Φ по неизвестным $W_{i,j}$, λ_i , Φ_i

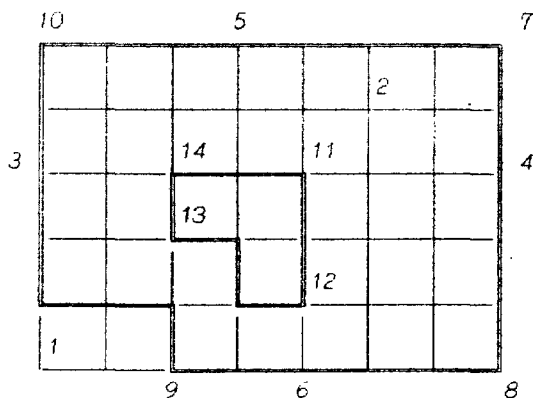


Рис. 1. Типы узлов разностной сетки

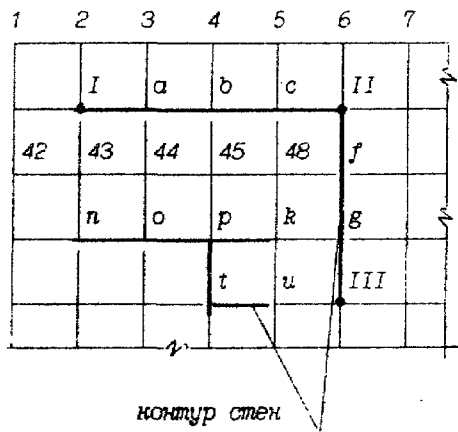


Рис. 2. Фрагмент фундаментальной плиты

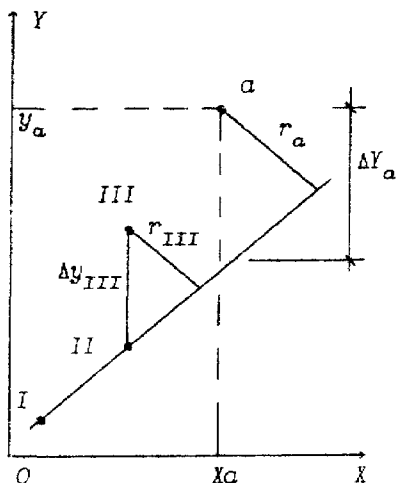


Рис. 3. К определению коэффициентов влияния перемещений в базовых точках на перемещения в контактных точках

получим систему линейных алгебраических уравнений. Однако порядок этой системы больше исходной на величину контактных узлов, определяемых неизвестными λ_i и уравнениями связи $\varphi_i=0$. Но, учитывая то, что перемещения контактных узлов можно определить из уравнений связи (8), порядок системы разрешающих уравнений можно понизить на величину $2t-3$, где t - количество контактных узлов.

Для определения процедуры уменьшения порядка системы уравнений рассмотрим структуру исходной матрицы, которую представим в блочном виде.

$$\begin{bmatrix} [A_{11}] & [A_{12}] & [A_{13}] & [A_{14}] \\ [A_{21}] & [A_{22}] & [A_{23}] & [A_{24}] \\ [A_{31}] & [A_{32}] & [A_{33}] & [A_{34}] \\ [A_{41}] & [A_{42}] & [A_{43}] & [A_{44}] \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} [W_C] \\ [W_G] \\ [W_K] \\ [\lambda] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A_{1F}] \\ [A_{2F}] \\ [A_{3F}] \\ [A_{4F}] \end{bmatrix} \quad (15)$$

Коэффициенты матрицы $[A_{1i}]$ являются коэффициентами неизвестных перемещений свободных узлов, при дифференцировании потенциальной энергии системы по перемещениям свободных узлов. Коэффициенты матрицы $[A_{2i}]$ являются коэффициентами неизвестных перемещений свободных узлов, при дифференцировании потенциальной энергии системы по перемещениям базовых узлов. Аналогично можно определить и коэффициенты других матриц.

Отметим особенности этих матриц. В силу симметрии основной системы разрешающих уравнений относительно главной диагонали, коэффициенты матриц $[A_{ii}]$ также симметричны, т.е., $a_{ij}=a_{ji}$. Коэффициенты же остальных матриц будут удовлетворять условию $[A_{ij}]=[A_{ji}]^T$. Кроме того, матрицы $[A_{41}]$, $[A_{14}]$, $[A_{44}]$ и вектор столбец $[A_{4F}]$ - нулевые, а матрицы $[A_{43}]=[A_{34}]=-E$.

Расширенную систему уравнений можно записать в виде четырех групп:

$$\begin{aligned} \vec{A}_{11} \vec{W}_C + \vec{A}_{12} \vec{W}_G + \vec{A}_{13} \vec{W}_t + \vec{A}_{1F} &= 0, \\ \vec{A}_{21} \vec{W}_C + \vec{A}_{22} \vec{W}_G + \vec{A}_{23} \vec{W}_t + \vec{A}_{2F} &= 0, \\ \vec{A}_{31} \vec{W}_C + \vec{A}_{32} \vec{W}_G + \vec{A}_{33} \vec{W}_t - E\lambda + \vec{A}_{3F} &= 0, \\ \vec{A}_{42} \vec{W}_G - E \vec{W}_t &= 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Из последней группы уравнений определим

$$\vec{W}t = \vec{A}_{42} \vec{W}c . \quad (17)$$

Исключая неизвестные $\vec{W}t$ из системы уравнений (16), получим:

$$\begin{aligned} \vec{A}_{11} \vec{W}c + (\vec{A}_{12} + \vec{A}_{13} \vec{A}_{42}) \vec{W}c + \vec{A}_{1P} &= 0 , \\ \vec{A}_{21} \vec{W}c + (\vec{A}_{22} + \vec{A}_{23} \vec{A}_{42}) \vec{W}c + \vec{A}_{24} \lambda + \vec{A}_{2P} &= 0 , \\ \vec{A}_{31} \vec{W}c + (\vec{A}_{32} + \vec{A}_{33} \vec{A}_{42}) \vec{W}c - E \lambda + \vec{A}_{3P} &= 0 . \end{aligned} \quad (18)$$

Неизвестные λ можно исключить из системы, используя третью группу в (18)

$$\lambda = \vec{A}_{31} \vec{W}c + (\vec{A}_{32} + \vec{A}_{33} \vec{A}_{42}) \vec{W}c + \vec{A}_{3P} . \quad (19)$$

В итоге получим:

$$\begin{aligned} \vec{A}_{11} \vec{W}c + (\vec{A}_{12} + \vec{A}_{13} \vec{A}_{42}) \vec{W}c + \vec{A}_{1P} &= 0 , \\ (\vec{A}_{21} + \vec{A}_{24} \vec{A}_{31}) \vec{W}c + (\vec{A}_{22} + \vec{A}_{23} \vec{A}_{42} + \vec{A}_{24} \vec{A}_{32} + \vec{A}_{24} \vec{A}_{33} \vec{A}_{42}) \vec{W}c + \\ + \vec{A}_{24} \vec{A}_{3P} + \vec{A}_{2P} &= 0 . \end{aligned} \quad (20)$$

Структуру получаемой системы уравнений можно представить в виде:

$$\begin{bmatrix} [\hat{A}_{11}] & [\hat{A}_{12}] \\ [\hat{A}_{21}] & [\hat{A}_{22}] \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} [W_c] \\ [W_c] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\hat{A}_{1P}] \\ [\hat{A}_{2P}] \end{bmatrix} , \quad (21)$$

где элементы матриц $[\hat{A}_{12}] = [\hat{A}_{21}]^T$ определяются из матричного уравнения:

$$[\hat{A}_{12}] = [A_{12}] + [A_{13}] \cdot [A_{42}] , \quad (22)$$

а элементы матрицы $[\hat{A}_{22}]$, из уравнения:

$$[\hat{A}_{12}] = [A_{22}] + [A_{23}] \cdot [A_{42}] + [A_{24}] \cdot [A_{32}] + [A_{24}] \cdot [A_{33}] \cdot [A_{42}] . \quad (23)$$

Элементы вектор-столбца $[A_{2P}]$ определяются из уравнения

$$[\hat{A}_{2F}] = [A_{2F}] + [A_{24}] \times [A_{3F}]. \quad (24)$$

Полученная система уравнений содержит неизвестных меньше исходной (на величину $t-3$, где t - число контактных узлов). Матрица коэффициентов разрешающих уравнений ленточная, симметричная с окаймлением из трех строк и столбцов. Это позволяет при разработке программ хранить в оперативной памяти ЭВМ только половину коэффициентов системы, что приводит к более эффективному использованию возможностей ЭВМ.

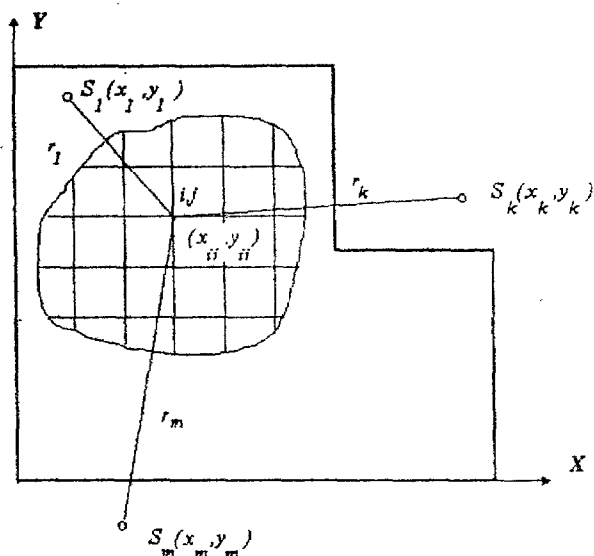
В третьей главе описаны принципы подхода к построению обобщенной модели основания, позволяющей объединить задачи определения усилий в фундаменте и расчета осадок. Приведен алгоритм определения расчетных параметров модели.

Предлагаемая обобщенная модель основания позволяет учесть реальные грунтовые условия (неоднородность грунтового основания в плане и по глубине, наличие грунтовых вод и т.д.), распределительную способность основания (нагрузка, приложенная в одной части основания влияет на осадку близлежащей зоны) и концентрацию реактивных давлений основания (реактивные давления основания в периферийной части плиты выше, чем в ее центральной части).

Важным фактором, при использовании модели, является сохранение ленточности в разрешающей системе уравнений.

Для определения параметров модели предложен следующий алгоритм:

Неоднородное в плане и по глубине основание, в соответствии с имеющимися координатами инженерно-геологических скважин, разбивается на ряд зон, в пределах которых характеристики грунтов принимаются постоянными. Количество зон, на которые распределяется основание под фундаментной плитой, соответствует количеству скважин (m). За зону, принадлежащую скважине k (рис. 4), принимается геометрическое место ячеек разностной сетки, узлы которых являются ближайшими к этой скважине. Затем, в соответствии со СНиП 2.02.01-83 для каждой зоны вычисляются средние по слоям значения модуля деформации, коэффициента Пуассона и толщины слоя. После этого определяются средневзвешенные по площади основания значения этих характе-



Вис. 4. К разбивке основания на зоны

ристик, которые используются в качестве параметров упругого однородного слоя.

Начальный коэффициент жесткости K определяется из условия:

$$K = P_{cp} / S_{cp} \quad (25)$$

для чего предварительно вычисляется среднее давление на плиту - P_{cp} и средняя осадка основания - S_{cp} . Затем, строится итерационный процесс, в результате которого определяются необходимые значения коэффициентов жесткости K_{ij} .

В итерационном процессе осадки слоя определяются из решения К.Е. Егорова. При этом средняя осадка слоя приравнивается средней осадке основания, определенной по формулам СНиП. Окончательное распределение коэффициентов жесткости корректируется в соответствии с начальной неоднородностью основания, которое определяется податливостью каждой зоны.

В четвертой главе приводится сравнительный анализ результатов теоретических исследований по предлагаемой методике расчета. Рассмотрено влияние жесткости верхнего строения, некоторых конструктивных особенностей (ребра жесткости, отверстия) и соотношения площадей зон основания с различной сжимаемостью на результаты расчета. Приводится пример расчета фундаментной плиты монолитного многоэтажного здания, построенного в г. Челябинске.

Стены монолитного здания обладают высокой изгибной жесткостью в своей плоскости и оказывают значительное влияние на работу фундаментных плит. Для оценки этого фактора рассмотрим результаты расчета фундаментной плиты изображенной на рис. 5. В первом случае нагрузка является гибкой, т.е. стены отсутствуют. Второй случай та же плита, но при наличии жестких стен. Параметры плиты в обоих примерах одинаковы. Длина плиты 14 м, ширина плиты 10 м и толщина 0,4 м. Бетон класса В-15. Модуль упругости бетона $E_b=23 \cdot 10$ МПа, коэффициент Пуассона 0,2. Основание - винклерово с коэффициентом постели $K=10$ МПа/м. Нагрузка приложена по контуру стен и составляет 500кН/м.

В первом случае деформациям плиты не препятствует верхнее строение и распределение внутренних усилий зависит только от параметров жесткости плиты и основания и расположения внешней нагрузки. Учет жесткости верхнего строения изменяет расчетную схему. Свободной деформации плиты препятствует система жестких монолитных стен, вовлекаемых в общую деформацию изгиба. Предпосылка о бесконечной жесткости верхнего строения позволяет сказать, что кривизны участков плиты вдоль стен известны. Свободному перемещению краев плиты будет препятствовать верхнее строение, что приводит к качественно иному распределению изгибающих моментов в плите (рис. 6).

На рис. 6 результаты расчета плиты с учетом жесткости верхнего строения показаны пунктирной линией, а без учета - сплошной. В центре пересечения стен (узел 83) изгибающие моменты M_x и M_y равны нулю, в то время как в первом случае они равны 7.3 и 7.7 кН соответственно. Нулевые изгибающие моменты объясняются нулевой кривизной в этом узле в направлении осей X и Y .

В тех сечениях, которые удалены от стен (сечение 2-2) опоры изгибающих моментов имеют меньшие расхождения по сравнению с другими.

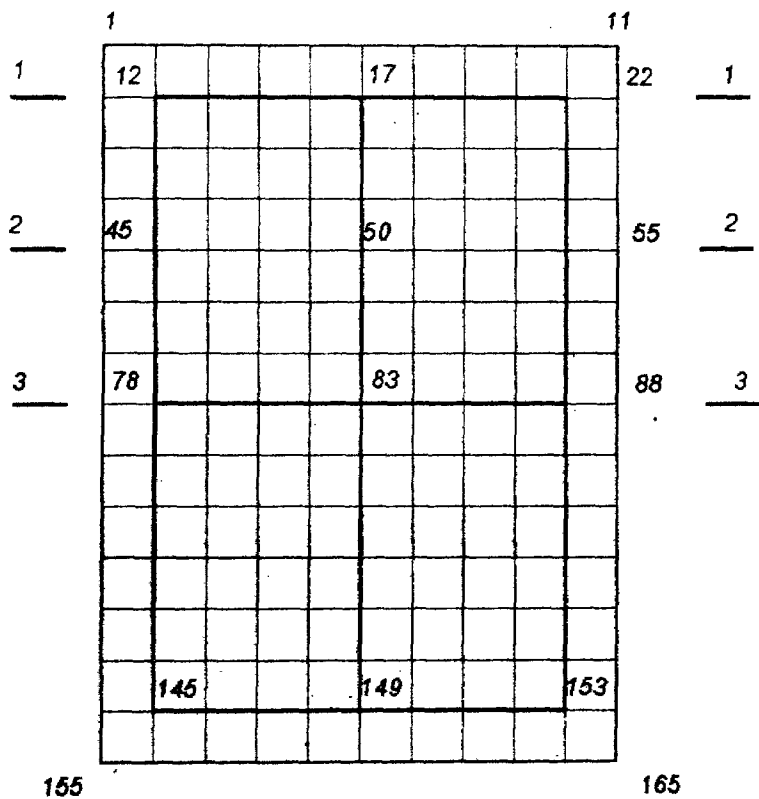
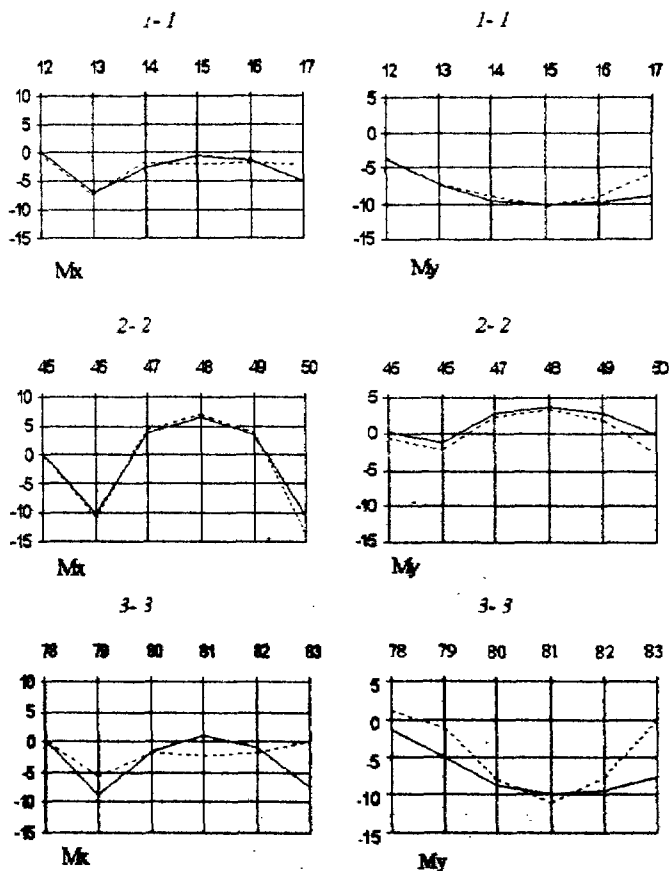


Рис. 5. План фундаментной плиты



— без учета жесткости верхнего строения
 с учетом жесткости верхнего строения

Рис. 6. Эпюры изгибающих моментов, кН

Заключение.

Основные результаты и выводы.

1. Разработан метод расчета фундаментных плит многостажных монолитных зданий, имеющих сложную конфигурацию в плане и жесткое верхнее строение. Принято, что к плите применимы гипотезы тонких плит и что точки контакта между плитой и верхним строением лежат в одной плоскости.

2. В рамках описанных предпосылок получена система разрешающих вариационно-равностных уравнений.

3. Предложена модель позволяющая учесть реальную грунтовую обстановку (неоднородность грунтового основания в плане и по глубине) и получить осадки плиты, близкие к определяемым по СНиП.

4. Составлены алгоритм и программа ПЛТ-1 для ЭВМ типа IBM PC. Программа удобна как для практического использования, так и для проведения численных экспериментов.

5. Разработана методика определения основного параметра предложенной модели - переменного коэффициента жесткости основания, отражающего наиболее существенные факторы взаимодействия фундаментной плиты и грунтового основания.

6. Разработаны алгоритм и программа VINSР, предназначенная для определения коэффициентов жесткости основания.

7. Программа ПЛТ-1 позволяет получить следующие результаты:

- распределение коэффициента жесткости и реактивных давлений неоднородного основания;
- внутренние усилия в плите (изгибающие и крутящий моменты, поперечные силы), перемещения плиты;
- армирование плиты.

8. Дана оценка точности получаемых решений. Сравнение результатов расчета по программе ПЛТ-1 и по данным С.П. Тимошенко [104] показало их хорошее совпадение.

9. Проанализировано влияние различных факторов на напряженно-деформированное состояние фундаментных плит.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Предлагаемый метод расчета достаточно эффективен и может быть использован для расчета и проектирования фундаментных плит зданий, имеющих жесткое верхнее строение. Метод позволяет

учитывать сложную форму плит, наличие отверстий и ребер жесткости, неоднородность основания.

2. Разработанная обобщенная модель основания позволяет учитывать реальные грунтовые условия, опираясь непосредственно на данные инженерно-геологических изысканий. Осадки плиты, получаемые с использованием предлагаемой модели, близки к осадкам, определяемым по (СНИП).

3. Программа ПЛТ-1, позволяет определять усилия, перемещения и армирование фундаментных плит, несущих жесткое верхнее строение. Она позволяет учесть неоднородность основания в плане и по глубине, исходя непосредственно из характеристик, полученных по результатам инженерно-геологических изысканий. Программа может быть использована проектными организациями.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Соломин В.И., Рыжков А.Ю. Программа ПЛТ-1 для расчета фундаментных плит монолитных высотных зданий, Челябинский ЦНТИ. Информационный листок N 561, 1994 г. - 2с.

2. Соломин В.И., Рыжков А.Ю. Программа VINSP для подбора коэффициентов жесткости неоднородного в плане и по глубине основания, Челябинский ЦНТИ. Информационный листок N 600, 1994 г. - 2с.

3. Соломин В.И., Икрин В.А., Рыжков А.Ю. Расчет фундаментных плит монолитных высотных зданий на неоднородном основании // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях: Межвуз. сб. - Воронеж, 1994.

4. Соломин В.И., Икрин В.А., Рыжков А.Ю. Построение системы разрешающих уравнений для расчета фундаментных плит монолитных высотных зданий // Темат. сб. научн. тр. ЧГТУ.-Челябинск, 1995.

5. Рыжков А.Ю. Численное исследование работы фундаментных плит на неоднородном основании: Тезисы докладов 53-й науч.-техн. конф. (часть 1), -Новосибирск, 1996.

ИР N 320364 от 20.01.92. Подписано в печать 24.04.96. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ. л. 0,93. Уч.-изд. л.1,00. Тираж 100 экз. Заказ 107/225.

ГОП издательства. 454080, г.Челябинск, пр. им.В.И.Ленина, 76.