

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



На правах рукописи

ЭРНЕСТО ЛУСИАНО ЧАГОЙЕН МЕНДЕЗ

УДК 624.044 : 624.073.2 : 624.159.4

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ
СО СЖИМАЕМЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ КРАТКОВРЕ-
МЕННЫХ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗКАХ В ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ КУБЫ.

05.23.02 - Основания и фундаменты

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1993.



Доктор технических наук,
профессор Бойко И. П. ;

Официальные опоненты:

Доктор технических наук,
профессор Клепиков С. Н. ;

кандидат технических наук,
ст. н. с. Слободян Я. Е. ;

Ведущая организация: Укрग्रидроспецстрой.

Защита состоится " 8 " *Февраля* 1993 г. в *13⁰⁰* часов
на заседании специализированного совета К 068.05.06
"Строительные материалы и изделия", "Основания и Фундаменты"
в Киевском государственном техническом университете строи-
тельства и архитектуры.

Адрес: 252037, Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31,
КГТУСА.

С диссертацией можно знакомиться в библиотеке универси-
тета.

Автореферат разослан " 6 " *Ноября* 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,

В. А. Ракша.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время, на Кубе, одним из важных аспектов, которому уделяется большое внимание при проектировании зданий и сооружений, является расчет оснований и фундаментов, поскольку прямые затраты работ фундаментостроения достигают 15...30 % общих прямых затрат, в зависимости от грунтовых условий.

Для этих сооружений часто принимаются плитные фундаменты, что обусловлено характером силовых воздействий, однако, методика принимаемая на Кубе, при проектировании таких фундаментов еще далеко не оптимальна. Так, например, принимаются одинаковые под всей подошвой фундамента характеристики грунта при длительных и кратковременных нагрузках.

Существующие на Кубе компьютерные программы для расчета плитных фундаментов базируются на алгоритмах, в которых приняты только линейные зависимости "осадка-нагрузка" для всех видов нагрузок. Расчет фундаментов на упругопластическом основании в условиях Кубы, только начинается разрабатываться.

Рекомендации по проектированию плитных и ленточных фундаментов, а также их оснований, в общем, отсутствуют.

Совершенствование проектирования большегабаритных фундаментов на Кубе, должно базироваться на достигнутых исследованиях в этой области мировой инженерной практики. Это и определяет актуальность настоящей работы.

Цель работы. Разработка методики расчета плитных фундаментов на сжимаемом основании при значительных ветровых нагрузках с учетом специфических грунтовых условий Кубы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1) Изучение особенностей деформирования глинистых водонасыщенных переуплотненных грунтов при действии значительных кратковременных ветровых нагрузок на жилье дома Кубы.

2) Выбор модели и расчетной схемы системы "основание-фундамент", при проектировании плитных фундаментов.

3) Разработка методики расчета плитных фундаментов на сжимаемом основании при значительных ветровых нагрузках с учетом специфических грунтовых условий Кубы.

4) Разработка пакета прикладных программ для автоматизированного проектирования плитных фундаментов по предлагаемой методике.

Б) Исследование характера взаимодействия плитных фундаментов со сжимаемым основанием при действии долговременных и кратковременных нагрузок.

В) Изучение влияния жесткости плиты и надземной конструкции на характер напряженно-деформированного состояния (НДС) основания и фундаментной плиты.

Методы исследований, использованные в диссертационной работе:

- численный расчет;
- сравнительный анализ.

Достоверность научных положений и их результатов обеспечивается:

- теоритическим обоснованием принимаемых положений;
- сравнением полученных в результате расчета данных с экспериментальными;
- сравнением результатов расчета с известными решениями других авторов;

Научная новизна работы заключается в следующем:

- изучены особенности деформирования глинистых водонасыщенных переуплотненных грунтов Кубы при воздействии кратковременных нагрузок;

- предложена методика решения контактной задачи для расчета плитных фундаментов с учетом характера деформирования глинистых водонасыщенных переуплотненных грунтов при действии значительных кратковременных ветровых нагрузок на высотные здания Кубы;

- в решении задачи проектирования фундаментных плит по предлагаемой методике, учтены специфические грунтовые и климатические условия Кубы;

- изучен характер взаимодействия фундаментных плит высотного жилого дома со сжимаемым основанием, сложенным водонасыщенными переуплотненными глинистыми грунтами при воздействии значительных кратковременных ветровых нагрузок Кубы.

Практическая ценность работы состоит в том, что предлагаемая общая методика расчета, разработанная методика решения контактной задачи для плитных фундаментов и ККП "DIBAL" могут быть использованы при расчете таких фундаментов в условиях Кубы. Применение разработанной методики позволяет снизить материалоемкость конструкции за счет перераспределения усилий в фундаментных плитах, благодаря учету в расчетах

особенностей деформирования грунтов и характера действующих нагрузок при решении контактной задачи. Материалы диссертации рекомендованы для составления инструкций и рекомендаций по проектированию плитных фундаментов в условиях Кубы.

Внедрение результатов работы осуществлено путем использования разработанной методикой, ККП "DIBAL" и программы "GORPOS" для расчета плитных фундаментов некоторых строительных объектов на Кубе, и их применения в кубинских проектных институтах (EMPROI № 9, HIDROECONOMIA LAS VILLAS). Эти результаты работы использованы для расчета фундаментной плиты при усилении коллектора Позняки г. Киева и внедрены в учебном процессе.

Диссертация выполнена в соответствии с общим планом научных исследований строительного факультета Центрального Университета Лас Вильяс, г. Санта Клара (Куба) и в сотрудничестве с кафедрой Оснований и Фундаментов Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры, под руководством доктора технических наук, профессора И. П. Бойко.

На защиту выносятся следующие вопросы:

- методика решения контактной задачи для расчета плитных фундаментов с учетом характера деформирования глинистых водонасыщенных переуплотненных грунтов при действии значительных кратковременных ветровых нагрузок на жилье дома Кубы;

- Алгоритмы и ККП "DIBAL" для автоматизированного проектирования фундаментных плит в условиях Кубы.

- Результаты, полученные из анализа взаимодействия плитного фундамента высотного жилого дома со сжимаемым основанием, сложенным глинистыми переуплотненными грунтами при ветровых нагрузках Кубы.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены на VII-ом национальном форуме развитых технологий в г. Санта Клара (Куба), в июле 1992 года и на 54-й научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов КИСИ, 1993 г.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из 137 страниц машинописного текста, 50 рисунков, 13 таблиц, и содержит введение, 4 главы, заключение, список использованной литературы, включающий 172 наименований, приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность, цель и задачи исследований.

В первой главе дан обзор о развитии и состоянии конструкции плитных фундаментов, описываются их типы и области применения, классифицируются методы расчета системы "основание-фундамент", оцениваются способы учета совместной работы основания, фундамента и надземных конструкций здания; даются общие сведения о различных моделях грунтового основания и моделях решения контактной задачи; проведен анализ достоинств и недостатков существующих моделей, а также области их применения. Дан критический анализ особенности проектирования большемерных фундаментов на Кубе.

Исследованиями в этой области занимались И. П. Бойко, А. К. Бутров, В. Э. Власов, Н. М. Герсеванов, М. И. Горбунов-Посадов, С. С. Давыдов, К. Е. Егоров, Б. Н. Жемочкин, Ю. К. Зарецкий, Г. К. Клейн, С. Н. Клепиков, Т. А. Маликова, М. В. Мальшев, Ю. М. Мещеряков, Ю. М. Мурзенко, А. А. Мустафаев, В. Н. Николаевский, П. Л. Пастернак, И. А. Сивулиди, А. П. Синицын, Я. Е. Слободян, В. И. Соломин, В. Н. Шматков, Д. А. Сорочан, С. А. Ривкин, М. И. Филоненко-Бородич, В. А. Флорин, С. И. Цыбал, Н. А. Цытович, и др. из бывшего СССР. Из зарубежных стран Дж. Е. Боулес, А. Деменеги, Ф. Диаз, Р. А. Фрасер, М. Хетеня, Х. Кеvedo, Р. Л. Конднер, И. К. Ли, С. Руиз, М. Сомоза, А. Баррето, Г. Г. Мейергофф, Е. Улрич, К. Терцаги, Л. Зееваерт, и др.

На Кубе имеются специфические условия, которые должны учитываться при проектировании оснований и фундаментов для того, чтобы получить оптимальные результаты в расчетах. Эти условия характеризуются:

1. Действующими значительными ветровыми нагрузками на здания и сооружения.

Ветровые нагрузки, принимаемые на Кубе при проектировании зданий и сооружений, устанавливались на основе статистического анализа климатических данных по среднемаксимальным скоростям ветра во время ураганов в данном районе. Значения скоростных напоров ветра на высоте 10 м над поверхностью земли в зависимости от района Кубы, в 4-5 раз больше, чем в Киеве, и в 1,2-1,5 раза больше, чем максимальное значение этого давления для условий бывшего СССР (район VII). Эти нагрузки действуют только во время ураганов с порывами ветра

средней длительности в течении 10 минут. Таким образом, ветровые нагрузки на Кубе считаются особыми нагрузками при проектировании зданий и расчетах оснований и фундаментов. Сочетание нагрузок с их участием почти всегда является определяющим в расчетах.

2. Особенности грунтов Кубы:

Более 80 % территории Кубы сложено переуплотненными глинистыми грунтами, полностью либо частично водонасыщенными, которые обладают значительным давлением переуплотнения. Эти давления нередко достигают 95-225 КПа, что больше, чем действующие бытовые нагрузки в настоящее время, т. е. грунты находятся в состоянии разгрузки и могут рассматриваться как переуплотненные. Значение давления переуплотнения не очень сильно отличается от значения структурной прочности грунта p_{e1} , поэтому эти грунты обладают значительной структурной прочностью. Необходимо отметить, что глинистые грунты, залегающие на Кубе, очень медленно уплотняются во времени (значение коэффициента фильтрации для них составляет $K_f = 8.64 \times 10^{-4}$ см/сут), поэтому, при особых нагрузках или любых видах кратковременных нагрузок, они практически не деформируются и, таким образом, при проектировании фундаментов по второй группе предельных состояний должны приниматься во внимание только постоянные или длительные нагрузки.

В настоящее время на Кубе вопросами исследования и проектирования большегабаритных фундаментов занимается ограниченное число исследователей.

Исходя из анализа работ, приведенных в обзоре, сделаны выводы о том, что в климатических и грунтовых условиях Кубы существуют специфические особенности взаимодействия фундаментов с основаниями, обусловленные характером действия значительных ветровых нагрузок и процессом деформирования переуплотненных водонасыщенных глинистых грунтов, которые в настоящее время не учитываются при проектировании плитных фундаментов. На самом деле, использованные на сегодняшний день в инженерной практике гипотезы, модели и методы расчета оснований и фундаментных плит, кроме моделей нелинейной механики, не позволяют достоверно описать поведение системы "основание-фундамент" во всем диапазоне нагружения. Применение для описания поведения грунтов нелинейных моделей, позволяет учесть многие важные свойства их

деформирования, однако требует использование мощных ЭВМ, создание для них программного обеспечения, и достаточно развитой экспериментальной базы.

Представляет интерес использование для решения контактной задачи модели переменного коэффициента жесткости основания, которая при адекватном выборе их значений, позволяет учесть многие из условий появляющихся на практике проектирования плитных фундаментов (влияние соседних фундаментов, переменная жесткость плиты, переменная жесткость основания в плане и по глубине, и т.д.), и одновременно сохраняет его физическую наглядность и простоту.

Во второй главе описана общая методика расчета плитных фундаментов. Обоснованы применение модели переменного коэффициента жесткости основания, разработка методики и алгоритма решения контактной задачи, учитывая особенности деформирования глинистых водонасыщенных переуплотненных грунтов при действии значительных кратковременных ветровых нагрузок Кубы. Дано описание вычислительного комплекса "DIBAL", разработанного автором на базе предлагаемой методики. Сопоставительными расчетами обеспечена достоверность расчетной принимаемой схемы для решения контактной задачи и для расчета системы "основание-фундамент" и доказано согласование результатов расчета большегабаритных фундаментов с полученными данными Т. А. Маликовой при решении подобной задачи.

Важным моментом в процессе разработки методики расчета плитных фундаментов в условиях Кубы являлся выбор модели данной системы, в виде переменного коэффициента жесткости, позволяющей отразить основные и самые важные факторы и свойства его поведения, и расчетной схемы плиты в виде системы перекрестных балок, опирающихся на упругих пружинах, жесткость которых является переменной и определяется по ожидаемым осадкам основания.

При предложенном решении контактной задачи учтены особенности процесса деформирования водонасыщенных переуплотненных глинистых грунтов Кубы при воздействии значительных кратковременных ветровых нагрузок, что происходит практически без увеличения их осадок. Это объясняется тем, что процесс оседания таких переуплотненных водонасыщенных глинистых грунтов является длительным, поскольку значительная часть осадки в них происходит за счет выхода поровой воды из

грунта, и во много раз превосходит длительность воздействия самих сильных ветровых порывов (≤ 10 минут) во время ураганов. Эти грунты переуплотнены и обладают значительной структурной прочностью (рис. 1), и пока давления не превосходят их значений, процесс уплотнения в них не наблюдается.

Исходя из этого, решение контактной задачи предлагается выполнять в два этапа:

1-ый этап: при действии длительных нагрузок.

2-ой этап: при действии длительных и кратковременных нагрузок.

На первом этапе, диаграмму деформирования основания в общем случае можно представить кривой 1, рис. 2. Кривая "осадка-давление" проходит через точку с координатами (\bar{p}, \bar{S}) , и неограниченно приближается к асимптоте $p = R$. От действия нагрузок этого этапа, давления p_i^1 в различных точках основания дают осадки S_i^1 . Тангенс угла наклона прямой OA представляет собой коэффициент жесткости основания в 1-ой точке. Их значения могут быть определены с достаточно хорошей аппроксимацией методом по ожидаемым осадкам, при котором можно учитывать неоднородность основания в плане и по глубине, жесткость фундаментной плиты и ее влияние на распределение давлений и осадок под фундаментом.

Окончательные результаты расчета на нагрузку 1: значения K_i^1 , S_i^1 , p_i^1 и НДС в плите (усилия).

Затем выполняем расчет второго этапа. Для этого рекомендуется шагово-итерационный метод. Если принять условно величину осадок основания неизменной на этом этапе, то диаграмма "давление-осадка" развивается по ветви 2, параллельно к оси давлений (рис. 2). Для первого шага используем значения $K_i^{2(1)} = K_i^1$. По его результатам определяем $K_i^{2(2)}$.

Если $S_i^{2(1)} > S_i^1$, то этот участок основания испытывает перегрузку от действия нагрузок 2-ого этапа и коэффициент жесткости $K_i^{2(2)}$ будет:

$$K_i^{2(2)} = \frac{p_i^{2(1)}}{S_i^{2(1)} - a_i} \quad (1)$$

Если $0 \leq S_i^{2(1)} \leq S_i^1$ то, происходит разгрузка в этой точке и, соответственно, коэффициент $K_i^{2(2)}$ определяем из предпосылки об одностороннем контакте фундамента с основанием, условно по формуле (1).

Если $S_i^{2(1)} \leq 0$, то происходит отрыв подошвы фундамента от основания, и коэффициент жесткости будет соответственно:

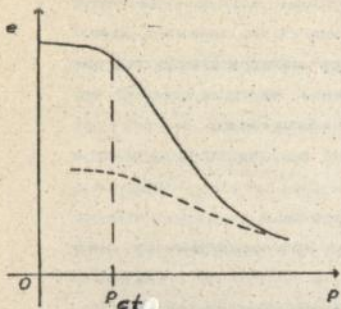


Рис. 1. Компрессионная кривая для образцов грунта ненарушенной структуры.

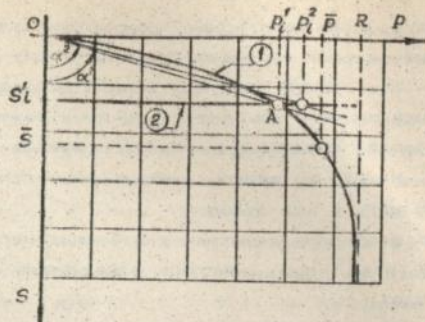
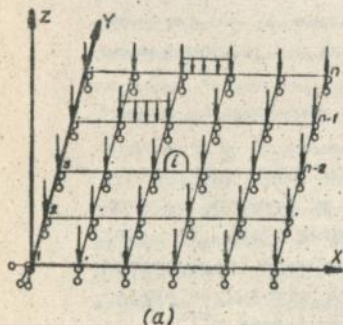
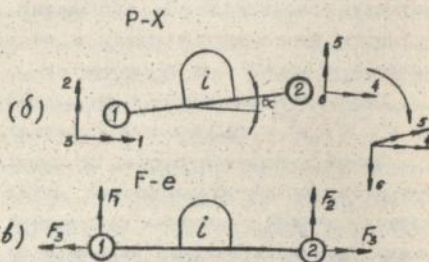


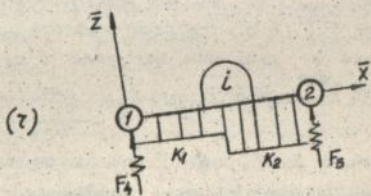
Рис. 2. К определению жесткости основания. p, S - расчетное сопротивление и соответствующая ему осадка; R - предельное сопротивление; p_i^1, S_i^1 - давление и осадка в i -той точке при нагрузке 1; p_i^2, S_i^2 - давление в i -той точке, при нагрузке 2.



(a)



(б)



(г)

Рис. 3. Расчетная схема плиты: а) основная дискретная система в глобальных координатах; б) i -ый элемент в глобальной системе координат и внешние воздействия $P-X$; в) внутренние усилия в i -ом элементе в плане; г) грунтовые воздействия в i -ом элементе в локальной системе координат. F_1, F_2 - изгибающие моменты, F_3 - крутящий момент, F_4, F_5 - грунтовые реакции.

$$K_i^{z(2)} = 0$$

(2)

Подобным путем могут быть получены значения коэффициента жесткости при последующих шагах.

Итерационный процесс заканчивается на таком шаге n , на котором разница между результатами расчета на этом и предыдущем $n-1$ шаге окажется меньше заданного значения, характеризующего точность расчета.

Вместе с тем, для статического расчета фундаментной плиты принята расчетная схема в виде системы перекрестных балок (рис. 3), достоверность которой обеспечивается далее сопоставительными расчетами по ЛПП "LIRA", для квадратной плиты размерами 26 x 26 м., толщиной 1.2 м. Результаты в виде эпюр изгибающих моментов показаны на рис. 4. Максимальное расхождение достигло 27.9 %.

На основе предлагаемой методики решения контактной задачи в грунтовых условиях оснований и силовых воздействиях Кубы, по общим этапам расчета системы "основание-фундамент", указанным в этой главе, автором диссертации разработан комплекс компьютерных программ (ККП) "DIBAL", предназначенный для расчета прямоугольных фундаментных плит (сплошных или с ребрами), опирающихся на упруго-неоднородное в плане и по глубине основание. Он разработан на языке Турбо Паскаль Б.Б для микрокомпьютеров IBM PC-XT/AT, ориентированных на работу в сфере MS/PC-DOS. Его работа осуществляется на основе диалога пользователь-машина.

В основу ККП положены следующие модели основания для расчета осадок:

- а) Линейно-деформируемый слой конечной толщины, с параметром H_p ,
- б) Линейно-деформируемое полупространство с условным ограничением глубины сжимаемой толщи, с параметром z_0 .

К особенностям предлагаемой методики относится тот факт, что выбор модели и расчет ее параметров осуществляется с первого шага работы программы. Далее ККП "DIBAL" позволяет:

1. Определить осадки фундамента в соответствии с расчетной моделью, выбранной на первом шаге. Определить крены фундамента от неоднородности основания в плане и по глубине, и от действия внецентренных нагрузок.
2. Выбрать модель основания для решения контактной задачи и определить параметры модели, которая может быть в виде:

- а) Линейно-деформируемого слоя конечной толщины, с параметрами Hр , $E_{\text{ср}}^{\text{пр}}$, $\mu_{\text{ср}}$.
 - б) Линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи, с параметрами z_0 , $\mu_{\text{ср}}$, $E_{\text{ср}}^{\text{пр}}$, $\mu_{\text{ср}}$.
 - в) Переменного коэффициента жесткости, с параметрами K_l .
3. Определить значения коэффициента жесткости основания, K_l :
- а) Без учета влияния жесткости плиты на распределение контактных давлений и осадок основания.
 - б) С учетом влияния жесткости плиты.
4. Определить внутренние усилия в фундаментной плите по модели переменного коэффициента жесткости основания.

С целью проверки результатов расчета, полученных с помощью ККП "DIBAL" и сравнения их с результатами полученными другими авторами, были проведены сопоставительные расчеты плитного фундамента каркасного здания. Аналогичная задача решена Т. А. Маликовой.

Изгибающие моменты, показанные на рис. 8, полученные в решении Т. А. Маликовой с помощью программы МКР-1, разработанной по МКР, с учетом и без учета жесткости плиты (кривые 1, 2) с использованием модели переменного коэффициента жесткости основания. Нами получены с помощью ККП "DIBAL" с учетом жесткости плиты (кривая 3) и для сравнения при $K_l = \text{const} = \frac{P_{\text{ср}}}{S_{\text{ср}}} \approx 8000 \text{ кН/м}^2$ (кривая 4).

Результаты расчета по предлагаемой методике хорошо согласуются с результатами представленными Т. А. Маликовой по величинам осадок и кренов плиты. Полученные расхождения составляют 10...36 % без учета влияния соседних фундаментов по решению с помощью ККП "DIBAL".

В этом случае значения коэффициентов жесткости не оказывают существенного влияния на порядок полученных внутренних усилий в плите, а сказываются на перераспределении в ее сечениях.

В третьей главе анализируются результаты экспериментального изучения взаимодействия фундаментной плиты и сжимаемого основания, сложенного глинистыми водонасыщенными грунтами, проведенного на кафедре оснований и фундаментов, и эти результаты сравниваются с полученными из расчета по предлагаемой методике с помощью ККП "DIBAL" и с классическим решением теории упругости.

На строительной площадке пивзавода в г. Чернигове были

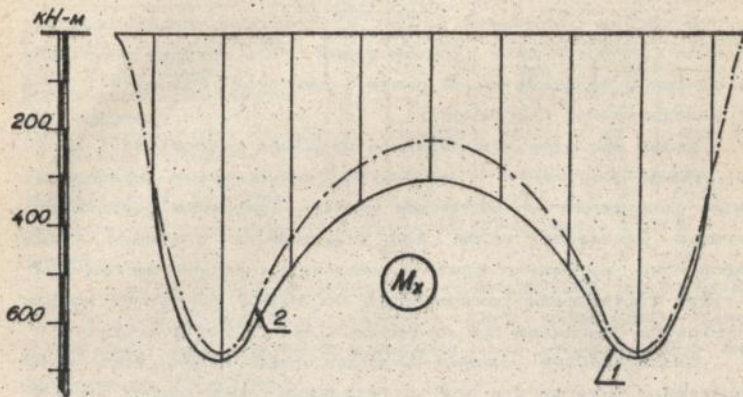


Рис. 4. Результаты расчета фундаментной плиты в виде эторы изгибающих моментов, кН-м, по середине плиты: 1 - по расчетной схеме ППП "LIRA" (МКЭ); 2 - по расчетной схеме ККП "DIBAL".

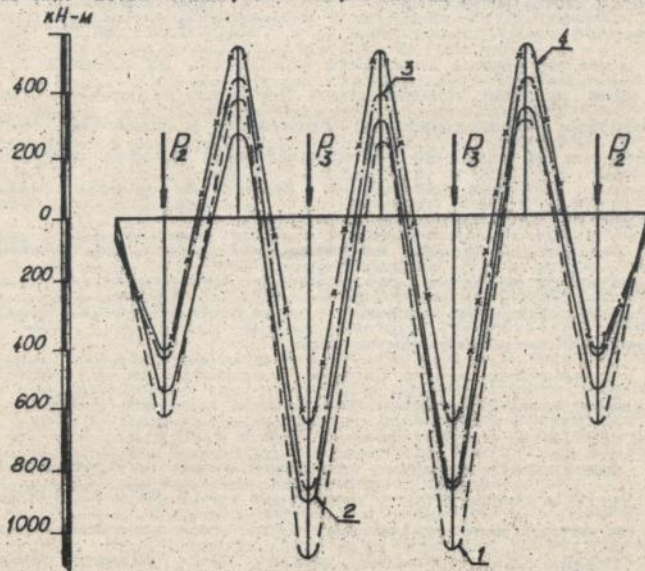


Рис. 5. Эторы изгибающих моментов по середине короткой стороны плиты: 1, 2 - по решению Т. А. Мадиковой без учета и с учетом жесткости плиты; 3 - по ККП "DIBAL" с учетом жесткости плиты; 4 - по ККП "DIBAL", при $K = \text{const} = 8000 \text{ кН/м}$.

проведены натурные наблюдения деформаций оснований и сооружений в течение 6 лет.

В состав сооружений входят сблокированные два силосных корпуса (СК-1, СК-2) и рабочая башня (РБ), которые возведены на сплошной железобетонной плите с отметкой подшвы - 2.70 м от планированной поверхности.

Целью исследований являлось изучение деформаций (осадки, крены сооружений) по глубине основания и в пределах пятна сооружения по настенным маркам, измерение фактической глубины сжимаемой толщи для определения значения общих деформаций, выявление графика нарастания осадки во времени, а также составление рекомендаций по выбору расчетной модели грунтового основания при проектировании силосных корпусов.

Геологические условия площадки представлены следующими грунтами: с поверхности под растительным слоем мощностью 0.3-0.5 м (слой 1) залегает слой пластичной супеси мощностью 1.2-1.5 м (слой 2), подстилаемый суглинком мягкопластичным мощностью 4.0-5.0 м (слой 3). Ниже находится слой тугопластичного суглинка мощностью 8.0 м (слой 4) подстилаемый слоем полутвердой глины, разведанным до г. (слой 5) мощностью 25 м (слой 5). Грунтовые воды на период изысканий находились на глубине 2.8-2.9 м, ниже дневной поверхности. Поскольку основание сложено глинистыми водонасыщенными грунтами, в качестве тестовых сравнительных значений для предлагаемой методики выбраны результаты натурных наблюдений. Физико-механические характеристики грунтов приведены в табл. 1.

Результаты расчета показали, что осадки, рассчитанные по предлагаемой методике, согласуются с измерениями натурных наблюдений, которые не превышают предельных значений, предусмотренных нормативными документами.

Фактические осадки СК-1 и РБ согласуются с расчетными по схеме линейно-деформируемого слоя конечной толщины. Разницы составили соответственно: 8.8 % и 20.6 %.

Фактическая величина сжимаемой толщи по глубинным маркам $H_p=12$ м согласуются с расчетной $H_p=12.32$ м (2.6 % разницы) по методу линейно-деформируемого слоя конечной толщины.

Осадка СК-2 превысила осадку СК-1: разница между их средними осадками составила 72.66 %, что можно объяснить следующими причинами:

- темп нагружения основания СК-1 и СК-2 существенно

ТАБЛИЦА 1.

Основные характеристики грунтов основания

Характеристика грунта	Обознач.	Един. Измер.	Номер слоя		
			3	4	5
Плотность	ρ	кг/м ³	1990	2090	1950
Природная влажность	ω	-	0.256	0.199	0.289
Показатель текучести	I_L	-	0.72	0.48	0.10
Коэффициент пористости	e	-	0.74	0.55	0.80
Угол внутреннего трения	φ	градус	20	23	20
Удельное сцепление	c	кПа	17	30	50
Модуль деформации	E	кПа	10	10.542	24
Коэффициент Пуассона	μ	-	0.35	0.35	0.42

различается, поскольку СК-1 строился 20 месяцев, а СК-2 - 13 месяцев;

- при первичной нагрузке частично загружен только СК-2;
- полная первичная загрузка СК-2 проводилась более интенсивно (загрузка СК-2 проведена за 1 месяц, а СК-1 был загружен за 2 месяца).

Проведенными натурными наблюдениями на площадке исследования зафиксировано, что характер нагрузок, то есть темп нагружения, оказывает существенное влияние на процесс деформирования грунтов основания.

Контактная задача решена для плиты РВ с помощью ККП "DIBAL". Результаты показаны на рис. 6 (кривая 1).

Для расчета длинных полос ($t > 10$), как в случае анализируемой плиты, М.И. Горбунов-Посадов рекомендует использование аналитического решения Н.И. Герсеванова и Я.А. Мачерета или Г.А. Попова и В.А. Воробьева в зависимости от упругой характеристики полос (бесконечная либо полубесконечная). Результаты расчета с помощью этих решений показаны рис. 6, кривая 2.

По решению М.И. Горбунова-Посадова для коротких полос автором диссертации разработана программа "GORPOS" на языке Турбо Паскаль 5.5, для микрокомпьютеров IBM PC-XT/AT. Работа программы осуществляется в диалоговом режиме. Полоса рассчитана с помощью этой программы для сравнения, хотя и в этом случае ($t > 10$) использование такого решения не рекомендуется. Построенные эпюры изгибающих моментов и контактных давлений по этому решению тоже показаны на рис. 6 (кривая 3).

Рассмотрение этих результатов показало, что решение по методу М.И. Горбунова-Посадова для коротких полос занимает промежуточное положение между решением по модели переменного коэффициента жесткости с помощью ККП "DIBAL" и решением для длинных полос. Разницы в изгибающих моментах между решением

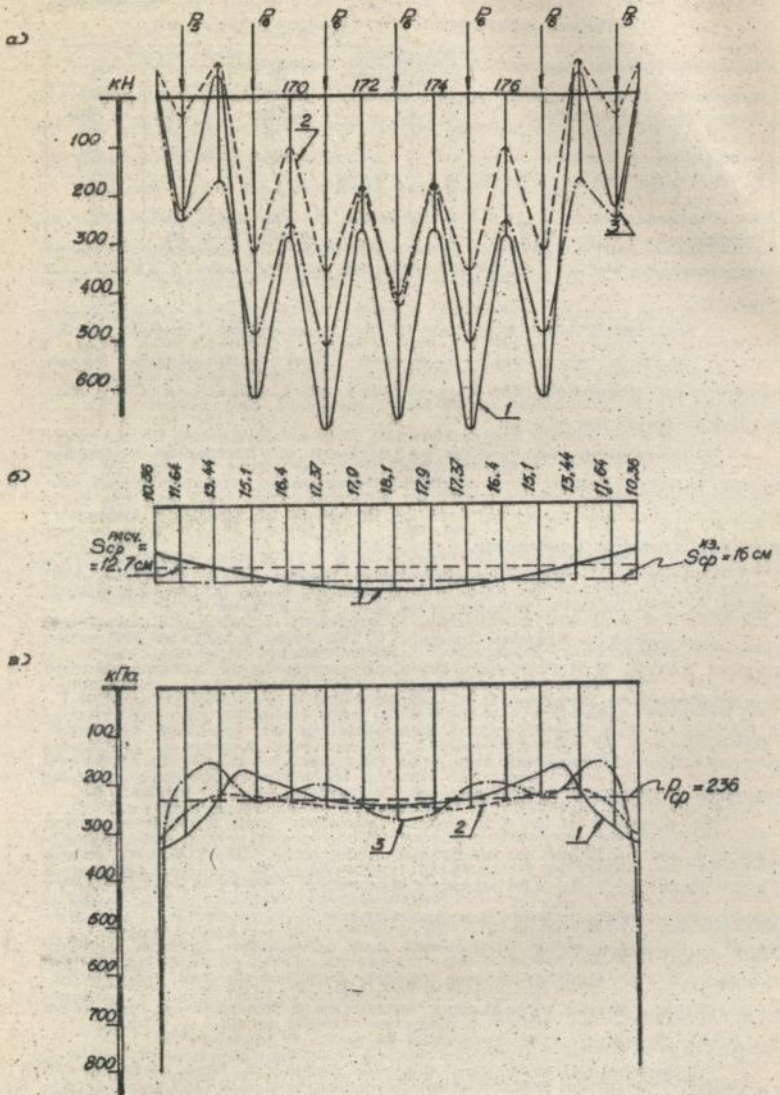


Рис. 6. Результаты расчета в сечении по середине плиты РВ в поперечном направлении: а) эпюра удельных изгибающих моментов, кН; б) перемещения плиты, м; в) контактные давления, кПа. 1-решение по модели переменного коэффициента жесткости с помощью ККП "DIBAL"; 2-результаты расчета как длинная полоса; 3-по решению М. И. Горбунова-Посадова (как короткая полоса).

по ККП "DIBAL" и решением для коротких полос достигли до 127 % (средняя 48 %); между решениями для длинных и для коротких полос до 143 % (средняя 80 %) и между решениями по ККП "DIBAL" и как длинная полоса от 34 до 80 % (средняя 53.7 %). Решение М.И. Горбунова-Посадова близко к решению по ККП "DIBAL" у краев плиты, но по мере приближения к центру плиты оно стремится к решению как длинная полоса. Максимальные моменты по решению М.И. Горбунова-Посадова и по "DIBAL" не получаются в центре полосы, как в решении для длинных полос.

По решению М.И. Горбунова-Посадова получается пик контактных давлений у краев плиты (2.4-2.6 раза больше, чем значения давлений в других решениях), который в действительности не происходит из-за развития в этих зонах основания пластических деформаций. Это приводит к перераспределению контактных давлений и, соответственно, усилий. За счет этого большого пика, изгибающие моменты по краю полосы превышают моменты полученные по модели переменного коэффициента жесткости.

Снижение изгибающих моментов и контактных давлений у краев плиты по решению длинных полос объясняется тем, что из-за учета гибкости полосы в этом решении, все расчетные величины очень быстро затухают по мере удаления от точки приложения нагрузки рассматриваемого сечения полосы. Одновременно это сопровождается повышением значений контактных давлений по середине полос, что обеспечивает более льготные условия работы полосы и которые в большой мере соответствуют процессу деформирования основания.

Разницы, полученные в эпюрах изгибающих моментов (от 34 до 80 %) и контактных давлений (0...19 %), по сравнению с решением для длинных полос и по "DIBAL" объясняются учетом в решении длинных полос их гибкости, что приводит к более быстрому затуханию влияния всех расчетных величин и к более льготным условиям работы полос по этому решению.

В четвертой главе с помощью предлагаемой методики выполнена оценка влияния характера нагрузок на взаимодействие фундаментных плит жилых домов со сжимаемым основанием в условиях Кубы.

Восемнадцатитетажное здание построено по улице № 188, в районе Марианао, на западе города Гаваны, Куба, в 1991 г.

Здание возведено на железобетонной плите с ребрами обращенными вверх в двух направлениях. Размеры плиты в плане

- 23 x 23 м, толщина - 0.5 м, высота ребер - 1.2 м, ширина ребер - 0.5 м. Глубина заложения фундаментной плиты - 3 м.

Геологическое строение участка характеризуется однородным основанием в плане и по глубине, сложенным водонасыщенным переуплотненным слоем текучепластичного суглинка. Физико-механические характеристики по изысканиям ЕНИАС (Куба) приведены в табл. 2. Грунтовые воды находились на глубине 3.2 - 3.4 м, ниже дневной поверхности грунта.

ТАБЛИЦА 2.

Основные характеристики грунта основания:

Характеристика грунта	Обознач.	Единицы Измерен.	Значение.
Удельный вес в природном состоянии	γ	кН / м ³	20.30
Удельный вес в сухом состоянии	γ_d	кН / м ³	18.30
Степень влажности	S^r	-	0.99
Природная влажность	w^r	-	0.17
Показатель текучести	I	-	0.766
Коэффициент пористости	e	-	0.47
Угол внутреннего трения	φ	градус	23
Удельное сцепление	c	кПа.	20
Модуль деформации	E	кПа.	16000
Коэффициент Пуассона	μ	-	0.36

Результаты расчета представлены на рис. 7 а, б; 8 а, б; и 9 а, б в виде эпюр изгибающих моментов, контактных давлений и коэффициента жесткости в двух сечениях плиты: по середине (оси В) и по краю (оси А), параллельно направлению ветра.

Задача решена сначала при длительных нагрузках (1-ый этап). Результаты показаны на данных рисунках кривыми 1.

С целью иллюстрации сходимости итерационного процесса на этих рисунках представлены результаты 1-ой и 3-ей (последней и окончательной) итерации (кривые 2 и 3). Распределение вертикальных (длительных) и горизонтальных (кратковременных) нагрузок и влияние положения несущих стен на него очень четко отражается в эпюрах изгибающих моментов.

В эпюрах давлений и коэффициентов жесткости, вышеуказанные факторы выявляются повышением с наветренной стороны и уменьшением с подветренной стороны значений этих величин.

С целью оценить влияния климатических условий Кубы, данная задача была решена при ветровых нагрузках г. Киева предполагая, что грунтовые условия остались те же самые, что и на Кубе. Результаты 3-ей итерации решения представлены на рис. 7а, б в виде эпюр изгибающих моментов в сечении по осям А и В кривой 6.

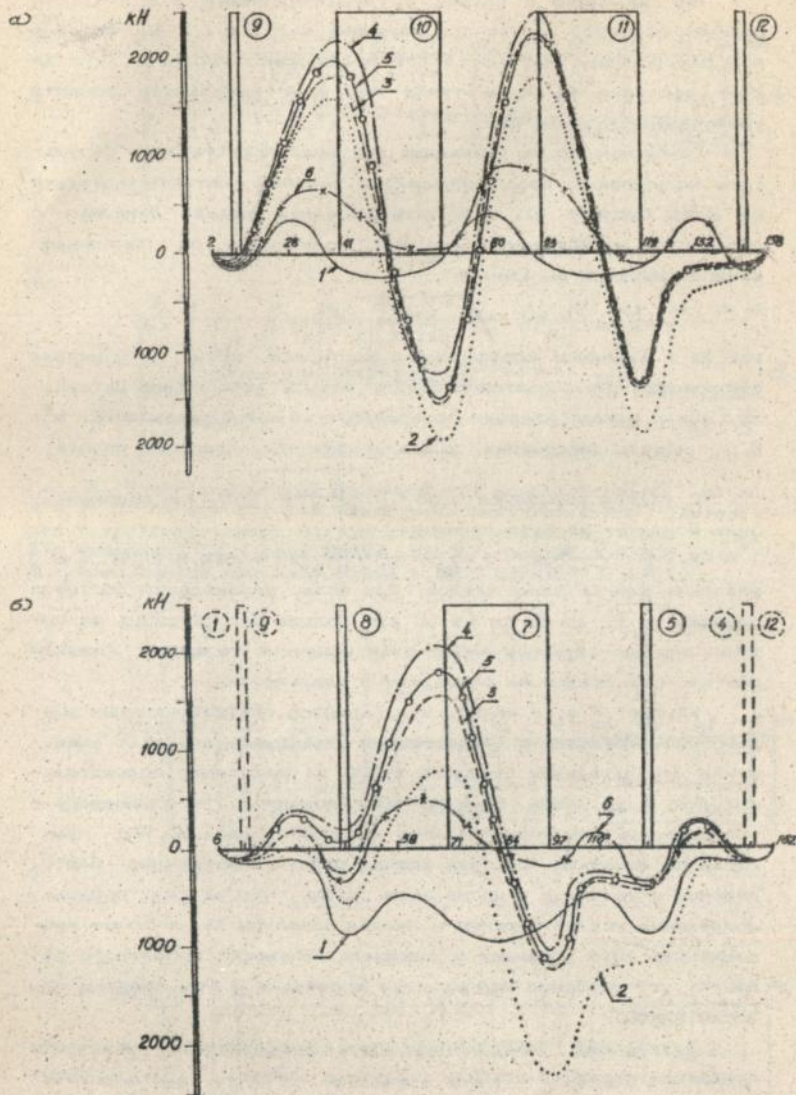


Рис. 7. Эпюры изгибающих моментов в фундаментной плите: а) по оси А; б) По оси В. 1-при длительных нагрузках; 2-при длительных + кратковременных нагрузках, 1-ая итерация; 3-тоже самое, 3-я итерация; 4 - тоже самое, при $K_0 = \text{const} = 515.3 \text{ кН/м}^2$; 5-тоже самое, при $K_0 = \text{const} = 4000 \text{ кН/м}^2$; 6-тоже самое, при ветровых нагрузках г. Киева.

По сравнению с кривой 2, представляющей 3-ю итерацию решения подобной задачи при ветровых нагрузках Кубы, которые в 5 раз больше, чем в г. Кивее можно констатировать, что за счет действия на Кубе таких нагрузок изгибальные моменты увеличиваются до 14 раз.

Одновременно, на указанных рисунках представлены результаты полученного проектировщиками решения контактной задачи на Кубе (Скривой 4), при использовании модели Винклера с постоянным коэффициентом постели, полученным от рекомендованного Весином выражения:

$$K_a = \frac{0,65}{B} \sqrt[12]{\frac{E_f B^4}{E_f I_f} \frac{E}{1 - \mu^2}}, \quad (3)$$

где K_a - значение коэффициента жесткости, кН/м^3 ; B - ширина фундамента; E_f, I_f - соответственно, модуль деформации материала, кПа и момент инерции поперечного сечения фундамента, м^4 ; E, μ - модуль деформации, кПа и коэффициент Пуассона грунта.

С учетом выражения $0,65 \sqrt[12]{\frac{E B^4}{E_f I_f}} \cong 1$, по рекомендации Боулеса, на Кубе приняли:

$$K_a = \frac{1}{B} \frac{E}{1 - \mu^2} = \frac{1}{23} \frac{16000}{1 - 0,36^2} = 515,3 \text{ кН/м}^3 \text{ т.е.,}$$

значение для K_a очень низкой. При этом, перемещения достигли порядка от 25 до 35 см (в 10 раз больше рассчитанных по модели линейно-деформируемого слоя конечной толщины). Очевидно, что эти осадки не совпадают с реальностью.

На рис. 7 а, б видно, что характер кратковременных воздействий, согласно с предлагаемой методикой, вызывает уменьшение отрицательных (среднее 22%) и увеличение положительных от 0 до 100%, среднее 40% моментов, по сравнению с традиционным решением принятым на Кубе (Скривая 4). По предлагаемой методике, с точки зрения работы конструкции плиты, решение есть более рациональное потому, что за счет перераспределения усилий верхняя и нижняя арматуры будут более равномерными. Это приводит к снижению стоимости проектного решения; что особенно наблюдается в сечении В (по средним показателям плиты).

Полученные перераспределения коэффициента жесткости основания отражают влияние характера нагрузок (длительности) на поведение системы "основание-фундамент", которые еще выражаются в указанных выше перераспределениях усилий. Эти не очень большие изменения в значениях и в распределениях коэффициента жесткости основания вызывают, однако, значительные

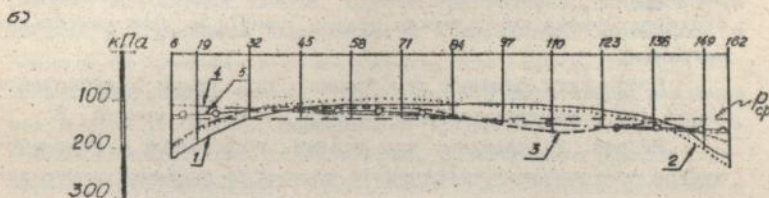
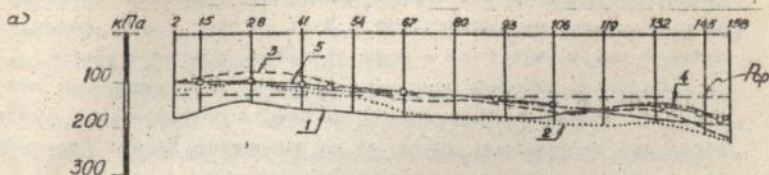


Рис. 8. Эпюры контактных давлений под подошвой плиты: а) по оси А; б) по оси В. 1-при длительных нагрузках; 2-при длительных + кратковременных нагрузках, 1-ая итерация; 3-тоже самое, 3-я итерация; 4 - тоже самое, при $K_0 = \text{const} = 515.3 \text{ кН/м}^3$; 5 - тоже самое, при $K_0 = \text{const} = 4000 \text{ кН/м}^3$.

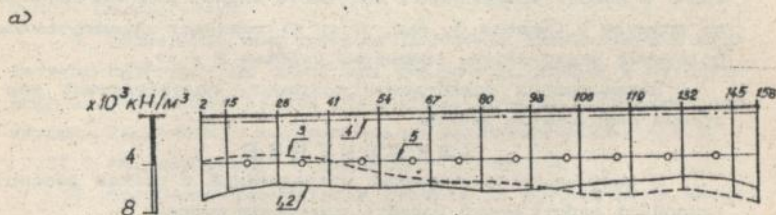


Рис. 9. Эпюры коэффициента жесткости основания: а) по оси А; б) по оси В. 1-при длительных нагрузках; 2-при длительных + кратковременных нагрузках, 1-ая итерация; 3 - тоже самое, 3-я итерация; 4 - $K_0 = \text{const} = 515.3 \text{ кН/м}^3$; 5 - $K_0 = \text{const} = 4000 \text{ кН/м}^3$.

изменения в эпюрах изгибающих моментов, о которых можно судить по сравнению кривых 2-ой и 3-ей, в рис. 7 а, б, представляющих результаты 1-ой и 3-ей итерации, соответственно.

Получить решение контактной задачи с применением постоянного значения коэффициента жесткости основания без учета характера нагружения, лучше не по выражению Весича (формула 3), а по рекомендуемому автором диссертации:

$$K_k = \frac{p_{cp}}{S_{cp}} = \frac{131,7 \text{ кПа}}{0,034 \text{ м}} \approx 4000 \text{ кН/м}^3, \quad (4)$$

где p_{cp} , S_{cp} - среднее значение контактного давления, кПа и соответствующая ему средняя осадка плиты, м, при длительных нагрузках.

Результаты решения полученного при таком коэффициенте жесткости тоже представлены на рис. 7, 8 и 9, кривой Б.

Из рис. 7 очевидно, что усилия, полученные с использованием постоянного коэффициента жесткости рекомендуемого автором диссертации (формула 4, кривая Б), ближе к усилиям полученным по модели переменного коэффициента жесткости с учетом характера нагрузок (кривая 2), чем усилия, полученные с применением K_k по выражению Весича (формула 3, кривая 4); хотя и с подветренной стороны еще наблюдались разницы до 123%. В эпюрах коэффициента жесткости видно, что значение K_k по формуле 4 (кривая Б, рис. 8 а, б) занимает промежуточное положение между обоими решениями (кривые 2 и 4).

В приложении представлен документ, подтверждающий внедрение результатов работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в рамках диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методика расчета большегабаритных фундаментных плит высотных зданий при воздействии значительных кратковременных ветровых нагрузок для случая залегания в основаниях водонасыщенных переуплотненных глинистых грунтов.

2. Предлагаемая методика позволяет учесть реальные климатические условия Кубы, то есть при этом учитывается характер деформирования глинистых водонасыщенных грунтов при воздействии значительных ветровых нагрузок.

3. На основе гипотезы переменного коэффициента жесткости основания представилась возможность моделирования особенностей деформирования глинистых переуплотненных водонасыщенных грунтов при воздействии значительных ветровых

нагрузок, а также другие особенности проектирования больше-размерных фундаментных плит. При этом сохраняется их физическая наглядность и простота.

4. Методика расчета фундаментных плит программно реализована автором в виде комплекса компьютерных программ "DIBAL", позволяющего рационально выбрать модель основания и ее параметры для расчета их деформаций, определить осадки и крены фундаментной плиты, рекомендовать модель основания для решения контактной задачи, определить значения коэффициента жесткости, учитывая переменность сжимаемости основания в плане и по глубине, и решить контактную задачу, то есть получить внутренние усилия, перемещения и реактивные давления под плитой по модели переменного коэффициента жесткости, с учетом специфических условий Кубы; облегчающего работу инженерам, проектировщикам, и внедрение предлагаемой методики в практику проектирования больше-размерных фундаментов на Кубе.

5. К достоинствам ККП "DIBAL" можно отнести тот факт, что он объединяет в одном комплексе расчеты и задачи, которые обычно выполняются двумя или тремя программами, что позволяет экономить затраты машинного времени и облегчает работу пользователя.

6. Применение предложенной расчетной схемы плиты в виде системы перекрестных балок при реализации модели и методики решения контактной задачи обосновано сопоставительными расчетами. Расхождения результатов по величинам усилий - 1,3... 27,9 %, деформаций и давлений - около 1 %.

7. Сравнение результатов расчета по предлагаемой методике и с помощью ККП "DIBAL" с данными других авторов показали хорошее согласование по величинам осадок и кренов (10...36 % разницы, без учета по "DIBAL" влияния соседних фундаментов). Значения коэффициента жесткости не оказали существенного влияния на порядок полученных внутренних усилий в плите, а сказываются на перераспределении в сечениях плиты; они больше всего влияют на величины осадок, полученных из решения контактной задачи.

8. Натурные наблюдения за осадками реального сооружения, возводимого на основании из глинистых водонасыщенных грунтов, проводимые на кафедре оснований и фундаментов обеспечивают достоверность общей методики расчета оснований и больше-размерных фундаментов. Результаты наблюдений согла-

суются с расчетами по величинам сжимаемой толщи (2,6 % разницы) и осадок СК-1 и РБ (соответственно 6,6 % и 20,6 %).

9. По результатам натуральных измерений установлено существенное влияние характера процесса нагружения (темпа) на деформации основания под плитой СК-2. Расхождение достигло порядка 100 % по величинам измеренных осадок СК-1, что показывает необходимость его учета.

10. Характер (длительность) нагружения существенно влияет на поведение системы "основание-фундамент", вызывая перераспределение усилий от 2 до 5,4 раз, особенно с подветренной стороны, по сравнению с традиционными решениями, используемыми на Кубе, для случая постоянного коэффициента постели. Это приводит к равномерному расположению арматуры, что уменьшает общие затраты проектного решения.

11. Использование выражения Весича для определения значения постоянного коэффициента жесткости при решении контактной задачи с помощью модели Винклера для фундаментных плит в специфических климатических и грунтовых условиях Кубы не оправдано. Вместо него автором диссертации рекомендуется для предварительных расчетов среднее значение коэффициента жесткости использовать, исходя из определения ожидаемых осадок основания.

12. Результаты работы внедрены в учебном процессе и в практику проектирования большеразмерных фундаментов на Кубе. Материалы диссертации послужат для составления рекомендаций по проектированию фундаментных плит в климатических и грунтовых условиях Кубы, применение которых облегчается использованием комплекса "DIBAL" и программы "GORPOS" в кубинских проектных институтах. ККП "DIBAL" использован для проектирования фундаментной плиты при усилении коллектора на Познякий г. Киева.

Основные положения работы изложены в следующих работах:

1. Э. Л. Чагойен Расчет фундаментных плит на упругом основании. Киев, инж-строит ин-т. Киев, 1993, 14 с.: ил. библиог.: 3 назв. Деп. в ГНТБ Украины 08.07.93, № 1432-Ук 93.

2. Chagoýen Méndez, E. L. Cálculo de cimentaciones en balsas sobre bases elásticas por computadoras. Aceptado a publicar 13.08.93. Revista Ingeniería Estructural y Vial, ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.

Подп. к печ. 04.11.93 Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага тип. № 3 . Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 1,39
Услови. кр.-отт. 1,62 . Уч.-изд. л. 1,0 .
Тираж 100 . Зак. № 6314 . Бесплатно.

Фирма «ВИПОЛ»
252151, г. Киев, ул. Волинская, 60.

10

464424

Бесплатно

Ав 28.459