

УДК 624.153.3

На правах рукописи

Грицук Михаил Степанович

РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛИТ ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

05.23.02 — Основания и фундаменты

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой
степени доктора технических наук**

г. Санкт-Петербург

1 9 9 9 г.

Работа выполнена в Брестском политехническом институте
Республики Беларусь

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Сорочан Е. А.

доктор технических наук, профессор
Бугров А. К.

доктор технических наук, профессор
Бронин В. Н.

Ведущая организация — **БЕЛНИПТИС**, г. Минск

Защита состоится _____ 18 мая _____ 1999 г. в 16.00 _____ на заседании диссертационного совета **Д 063.38.19** при С.-Петербургском Государственном техническом университете, 195251, г. С.-Петербург, ул. Политехническая, 29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке С.-Петербургского технического университета.

Автореферат разослан _____ 10 апреля _____ 1999 г.

**Ученый секретарь диссертационного
совета, к. т. н., доцент**

Морозов В. И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Для сбережения энергоресурсов и увеличения надежности работы фундаментных конструкций зданий и сооружений возникает необходимость проведения исследований по разработке и внедрению в серийное производство более экономичных и надежных конструкций железобетонных плит, которые могли бы применяться при устройстве ленточных фундаментов.

Ленточные фундаменты имеют наиболее широкое применение при строительстве жилых, общественных и административных зданий, которые в настоящее время имеют преимущественное значение в области строительной индустрии республики. Поэтому вопрос разработки и внедрения более прогрессивных конструкций плит ленточных фундаментов является весьма актуальным и требует многогранных исследований.

Связь работы с научными программами. Исследование и разработка плит ленточных фундаментов с выпуклой поверхностью опирания является разделом республиканской целевой программы по теме "Исследовать методы проектирования фундаментов промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений на намывных и насыпных основаниях" - № ГР 01860009491, утвержденной Постановлением Совета Министров БССР, № 279 от 18.09.1985 г. Данные исследования выполнялись и по хоздоговорной тематике: "Разработка, исследование и внедрение фундаментных плит с выпуклой поверхностью опирания при строительстве жилых зданий в БССР" - № ГР 81074963, утвержденную Министерством сельского строительства БССР 24.12.1981 г.

Цель и задачи исследования. Установить законы рационального распределения реактивных давлений при взаимодействии жесткого выпуклого штампа с различными, по инженерно-геологическим условиям, грунтовыми основаниями и исследовать напряженно-деформированное состояние тела фунда-

887
889

ОБЪЕКТЫ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

мента с выпуклой поверхностью опирания и грунтового основания при их совместной работе. Дать конструктивные разработки железобетонных плит, которые могли быть применены для устройства ленточных фундаментов на естественных и искусственных основаниях при строительстве различных зданий и сооружений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать метод управления распределением реактивных давлений путем изменения формы подошвы плит и дать аналитическое решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния однородного основания;
- разработать алгоритм расчета тела фундамента с выпуклой поверхностью опирания на неоднородных грунтовых основаниях и исследовать оптимальную форму его подошвы, при наличии которой распределение реактивных давлений было бы наиболее рациональным;
- провести экспериментальные исследования состояния различных видов грунтовых оснований под фундаментами с выпуклой подошвой и установить величину и характер распределения напряжений и деформаций в плоскости их взаимодействия;
- дать оценку предельного состояния грунтового массива, обладающего различными прочностными и деформативными показателями при воздействии на него нагрузки с переменной траекторией нагружения;
- исследовать возможность выравнивания осадок фундаментов разной ширины. Разработать конструкции плит ленточных фундаментов с выравненной осадкой и дать методику их расчета;
- разработать нормативные документы на плиты железобетонные с выпуклой поверхностью опирания и рекомендации по их применению при массовом строительстве жилых и гражданских зданий.

Объект и предмет исследования. Для исследования принимаются твердые тела, имеющие форму призмы, изготавливаемые из упругого однородного

или неоднородного материала, деформации которого на 1,5-2,0 порядка меньше чем деформации основания, с которым он взаимодействует. Поэтому при проведении теоретических исследований грунтовых оснований они принимаются абсолютно жесткими. Исследуемая конструкция работает в условиях плоской деформации и предназначена для устройства сборных ленточных фундаментов.

Выпуклая поверхность опирания плит, предназначенных для устройства сборных ленточных фундаментов, дает возможность более рационально распределять реактивные давления и способствует уменьшению внутренних усилий в ее сечениях, что в конечном итоге позволяет получить более экономичные и надежные конструкции.

Методы проведения исследований. При исследовании работы плит ленточных фундаментов с выпуклой поверхностью опирания использовались полевые, лабораторные и математические методы, которые давали возможность сопоставить полученные результаты и установить их достоверность на основе анализа существующих аналогичных решений.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Разработаны более экономичные и надежные конструкции железобетонных плит с выпуклой поверхностью опирания. Установлена новая расчетная схема плит и исследовано влияние формы их подошвы на напряженно-деформированное состояние различных видов грунтовых оснований. Разработан алгоритм расчета плит с выпуклой поверхностью опирания на неоднородных грунтовых основаниях и метод выравнивания осадок ленточных фундаментов разной ширины. Исследована работа плит с выпуклой поверхностью опирания на различного вида грунтовых основаниях в полевых условиях. Все научные результаты, приведенные в диссертации, являются достоверными и подтверждены многочисленными экспериментальными исследованиями.

Практическая значимость полученных результатов. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования плит с выпуклой поверхностью опирания позволили применить их для устройства ленточных фундаментов при экспериментальном и массовом строительстве зданий и сооружений.

По заявке Минсельстроя БССР от 24 декабря 1981 г. были разработаны технические условия ТУ 223 БССР 12-86, инструкция по расчету и рабочие чертежи на "Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов" с целью их применения при массовом строительстве зданий и сооружений. Вся техническая документация согласована с институтами ЦНИИЭПсельстрой, БелНИИгипросельстрой, БЕЛГОСПРОЕКТ и утверждена Госстроем БССР.

В соответствии с приказом № 168 по Минсельстрою БССР от 22.05.85 г. и распоряжением № 3 по Главминстрою от 12.01.88 г., плиты с призматической поверхностью опирания разрешено применять для устройства ленточных фундаментов при массовом строительстве зданий и сооружений. Так, применение данных конструкций плит по ПО "Минскжелезобетон" дало экономический эффект в 1988 г. 60 тысяч рублей.

Разработана программа, позволяющая производить расчет плит ленточных фундаментов с выпуклой поверхностью опирания на неоднородных ортотропных грунтовых основаниях. Применение разработанной методики расчета позволяет проектировать более экономичные конструкции фундаментов с 15-20% экономией железобетона. При устройстве фундаментов из плит с выпуклой поверхностью опирания имеется возможность значительно уменьшить их относительную разность осадок, что увеличивает надежность работы зданий и сооружений и дает дополнительный экономический эффект. Такие плиты применяются при массовом строительстве зданий ПО "Полесьежилстрой" Брестской области. Техническая документация на плиты с призматической поверхностью опирания отправлена для внедрения в 26 строительных организаций и проектных институтов различных регионов СССР. Данные плиты имеют дополнительный экономический эффект при толщине стен 300-500 мм.

Основные положения, выносимые на защиту: 1) результаты экспериментально-теоретических исследований воздействия жесткого штампа с выпуклой поверхностью опирания, дающие возможность рационально перераспределять нагрузку на грунтовое основание;

2) принятая схема распределения реактивных давлений с максимальным значением по середине и нулевыми значениями по краям плит значительно уменьшает внутренние усилия в расчетных сечениях, что дает возможность запроектировать более экономичные конструкции сборных фундаментов;

3) способ выравнивания осадок отдельных фундаментов, позволяющий устраивать более надежные и экономичные конструкции зданий и сооружений на различного вида грунтовых основаниях;

4) практические методы расчета плит с выпуклой поверхностью опирания, дающие возможность проектировать сборные ленточные фундаменты с

равной осадкой без применения ПЭВМ;

5) разработанные составные конструкции железобетонных плит, состоящих из трех элементов и позволяющих устраивать ленточные фундаменты шириной до 10-12 м, с рациональным распределением реактивного давления и возможностью выравнивания осадок отдельных фундаментов;

6) техническая и проектная документация на "Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов", которая может использоваться при проектировании сборных ленточных фундаментов различных зданий и сооружений;

Личный вклад соискателя: Все исследования автором проводились на кафедре "Основания, фундаменты и инженерная геология" Брестского политехнического института. При экспериментальном исследовании плит с криволинейной поверхностью опирания принимал участие Игнатюк В. Ю., у которого автор являлся одним из руководителей его кандидатской диссертации.

Апробация работы. Отдельные результаты исследований докладывались на VII (1974 г.), VIII (1975 г.), IX (1977 г.) и XII (1984 г.) конференциях моло-

10

двух ученых и специалистов Прибалтики и БССР по проблемам строительных материалов и конструкций. На научно-технических конференциях Белорусского политехнического института (1975 г.), Брестского инженерно-строительного института (1974-1994 гг.), Ленинградского инженерно-строительного института (1988-1990 гг.), Ленинградского дома научно-технической пропаганды (1980 г.). На республиканских научно-технических конференциях в городах Бресте (1981 г.), Минске (1982 г.), Симферополе (1983 г.), Севастополе (1989 г.). На технических советах НИИОСП им. Н.М. Герсеванова (1980 г.), Минпромстроя БССР (1978 г.), Госстроя БССР (1984 г.). На семинарах кафедр "Основания и фундаменты и механика грунтов МИСИ" (1982 г.), ЛИСИ (1989, 1998 гг.), Ленинградского политехнического института (1990 г.). В 1983 году плиты с призматической поверхностью опирания экспонировались на ВДНХ СССР, где были отмечены бронзовой медалью.

Опубликованность результатов. По материалам диссертаций опубликовано 27 работ. Из них: одна монография, два авторских свидетельства, 11 статей, 8 выступлений на всесоюзных и республиканских конференциях, 3 отчета НИР, технические условия и рабочие чертежи на "Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов".

Объем научных работ, опубликованных в журналах, сборниках и тезисах конференций, составляет 54 стр.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем составляет 282 стр.; включая 84 стр. приложений, 79 рисунков и 6 таблиц. Список литературы составляет 180 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ. Во введении сформулирована цель диссертационной работы, ее актуальность и практическая значимость. Излагаются основные положения, которые выносятся на защиту. Первая глава посвящена обзору отечественных и зарубежных литературных источников по проблеме исследования совместной работы фундаментных плит с грунтовым основанием. Здесь перечислены основные существующие модели грунтовых оснований, применяемые в механике грунтов. Особое внимание уделяется на решение контактной задачи и рациональным конструкциям плитных фундаментов. Этому вопросу посвящены исследования Л.А. Галина, Н.М. Бородачева, С.А. Рывкина, Е.А. Сорочана, Е.Ф. Винокурова, А.Н. Тетиора, В.И. Соломина, П. В. Алявдина и др. исследователей.

Известно, что величина внутренних усилий в фундаментной плите, взаимодействующей с деформируемым основанием, зависит от характера распределения реактивного давления. Для плиты с плоской подошвой это распределение является нерациональным и вызывает значительные изгибающие моменты в конструкции фундамента. Поэтому разработка более рациональных конструкций плитных фундаментов в настоящее время идет за счет изменения формы сечения фундаментных плит, или за счет более рационального распределения реактивного давления.

При разработке более экономичных конструкций плит за счет изменения формы их сечения использовалась возможность убирать бетон в тех областях сечения, где напряжения имеют минимальные значения. Так появились ребристые плиты, плиты с пустотами, плиты таврового сечения и др.

Ханин Р.Е. и Тарасов И.А. предлагают конструкции фундаментов промышленных зданий и, на основании исследований, выполненными семью институтами по поручению Госстроя СССР, определили области рационального применения разработанных конструкций фундаментов. Наибольшее количество

во работ посвящены исследованию и разработке экономичных конструкций плитных фундаментов за счет более рационального распределения реактивного давления. Так, С.А. Рывкин предложил конструкцию плит с криволинейной подошвой, которая имела кривизну радиусом R и треугольные выступы, которые, по мнению автора, должны обеспечивать полное сцепление фундамента с грунтом. Однако, как установлено многими исследователями, учет сцепления грунта с подошвой фундамента отрицательно сказывается на его несущей способности. В более точной постановке задачу по уменьшению концентрации реактивных давлений решил Н.М. Бородачев. Для этого он предложил криволинейную форму подошвы штампа из уравнения

$$\iint P(\xi, \eta) k(x-\xi, y-\eta) d\xi d\eta = \delta + z, \quad (1)$$

где $k(x-\xi, y-\eta)$ - ядро основания; δ - осадка фундамента; $z = f(x, y)$ - уравнение поверхности подошвы.

А.Н. Тетюр и С.П. Жуков исследовали распределение контактных напряжений и осадки грунта под штампом с выпуклой подошвой и фиксированными трещинами.

Большой объем работ по исследованию различных видов рациональных конструкций фундаментов были выполнены в НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Е.А. Сорочаном. Он исследовал работу фундаментов на основаниях с промежуточной подготовкой; фундаментов со ступенчатой подошвой, плит с угловыми вырезами. При исследовании ленточных фундаментов с угловыми вырезами использовалось явление арочного эффекта в промежутках между плитами. Применение данных плит позволило получить экономию до 10-12%.

Ф. Симонсен в 1941-42 годах дал описание конструкций ступенчатых фундаментов, в которых, за счет перераспределения реактивного давления, изгибающие моменты в расчетных сечениях уменьшаются на 15-20%. Однако такие фундаменты имеют ряд недостатков.

а) невозможно точно установить давления на 1-й и 2-й ступенях;

б) по краям каждой ступени возникают зоны пластических деформаций, которые оказывают большое влияние на осадку фундамента и значительно усложняют расчет основания. Поэтому такие фундаменты на практике имели ограниченное применение.

В.И. Соломин, С.Б. Шматков и др. предлагают методы расчета фундаментов с использованием нелинейных законов деформирования грунтов и с учетом зон пластических деформаций. Авторы, решая задачу оптимального проектирования, рассматривают плиту как балку переменной жесткости, опирающуюся на основание Винклера. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной балки принимается кусочно-линейчатой. Экономия арматуры достигается за счет большого числа арматурных сеток, а бетона за счет оптимизации сечения консоли плиты.

Во второй главе решается контактная задача для жесткого штампа с выпуклой поверхностью опирания. Так, из условия минимизации величины внутренних усилий в сечениях фундаментной плиты наиболее рациональным распределением реактивного давления будет закон, записанный в виде параболического уравнения (рис.1)

$$P_x = A_1 x^2 + A_2 \quad (2)$$

где A_1 и A_2 - коэффициенты, которые определяются из условия равновесия системы и при нагрузке N и ширине $b = 2a$ уравнение (2) будет иметь вид:

$$P_x = \frac{n+1}{n} P_{cp} \left[1 - \left(\frac{|x|}{a} \right)^n \right] \quad (3)$$

где, P_{cp} - среднее давление по подошве штампа. В центре фундамента (при $x = 0$, $n = 2$) имеем, что $P_0 = P_{max} = 1.5 P_{cp}$. При $x = \pm a$ $P_x = 0$.

Автором получено аналитическое решение задачи по определению напряжений и перемещений в основании от нагрузки, описываемой уравнением (3). Для этого использовались решения из теории упругости для равномерно

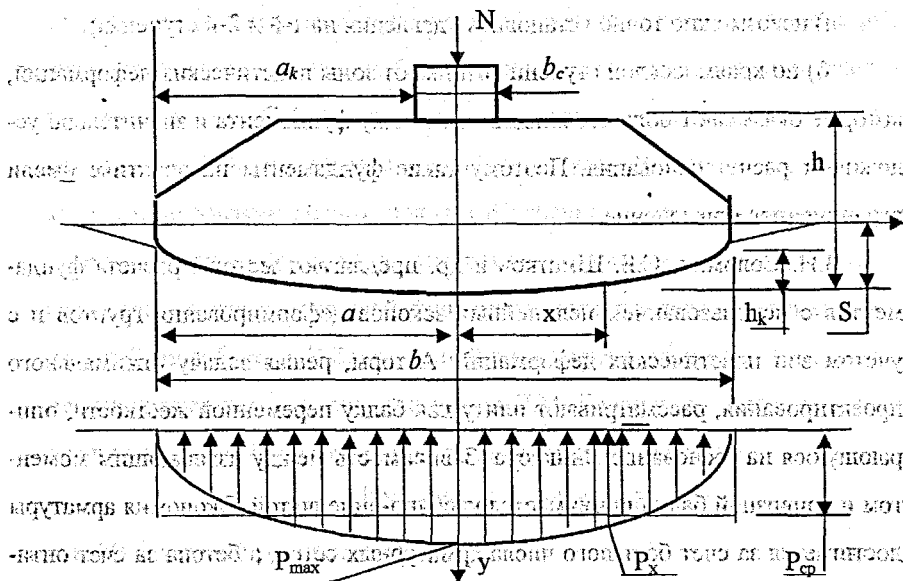


Рис. 1

распределенной нагрузки и решение И.Символити для вогнутой параболической нагрузки. В результате получим следующие уравнения:

$$\sigma_x = \frac{P_{\max}}{\pi a^2} \left[\theta(a^2 - x^2 + 3y^2) + 2xy \ln \frac{a^2 - 2ay}{a^2 - 2ay} \right] \quad (4)$$

$$\sigma_y = \frac{P_{\max}}{\pi a^2} \left[\theta(a^2 - x^2 - y^2) - 2ay \right] \quad (5)$$

Для определения перемещений в любой точке полушлюскости использовались физические и геометрические уравнения теории упругости. Так, для контактной поверхности от параболической нагрузки получили следующее уравнение для относительного вертикального перемещения:

$$V = -\frac{4P_{\max} a}{3\pi E_0} (1 - \mu_0) \left[\frac{3}{2} (1 - x_1) \ln \frac{1 - x_1}{2} + \frac{3}{2} (1 + x_1) \ln \frac{1 + x_1}{2} - (1 - x_1^2) \ln \frac{1 + x_1}{2} - \frac{1 - x_1^3}{2} \ln \frac{1 - x_1}{2} \right]$$

где $x_1 = x/a$ - приведенная координата упругой полушлюскости.

По характеру осадки на ширине b определяется форма подошвы штампа, которая будет вызывать реактивное давление по параболическому закону (3).

Для определения напряженно-деформированного состояния анизотропного основания (случай ортотропной среды) от действия штампа с выпуклой подошвой используются статические, физические и геометрические уравнения теории упругости анизотропного тела. В результате получается система двух дифференциальных уравнений в перемещениях, которая решается методом конечных разностей с использованием следующих граничных условий:

1) для загруженного участка поверхности основания (рис. 1) при условии

$$\sigma_y = -P_x \text{ и } \sigma_{xy} = 0 \text{ на } y = 0, \quad (5)$$

Если фундамент находится на глубине d_1 , то

$$\sigma_y = -P_x + \gamma d_1, \quad \sigma_{xy} = 0 \text{ на } y = d_1.$$

Из закона Гука, выразив σ_y через конечные разности, получим, что

$$V_{i,j} = \frac{P_i \Delta y \mu_1}{1 - \mu_0^2 E_y} + \frac{\mu_0 \mu_1 E_x}{2(1 - \mu_0) E_y \Delta x} (U_{i+1,j} - U_{i-1,j}) + V_{i,j+1} - V_{i,j-1} = 0, \quad (5)$$

2) для незагруженной части поверхности $\sigma_y = 0$; $\tau_{xy} = 0$, откуда имеем

$$U_{i,j} = \frac{\Delta x}{2\Delta y} (V_{i,j+1} - V_{i,j-1}) + U_{i+1,j} - U_{i-1,j} = \frac{\mu_1 E_x \Delta y}{(1 - \mu_0^2) E_y \Delta x} (U_{i+1,j} - U_{i-1,j}) + V_{i,j+1} - V_{i,j-1} = 0, \quad (6)$$

где μ_0 - коэффициент поперечной деформации основания;

$$\mu_1 = 1 - \mu_0^2 (2\mu_0 + 3).$$

3) для нижней границы сжимаемой толщи и боковых граней принимаем:

$$U_{i,j} = 0; \quad V_{i,j} = 0. \quad (7)$$

Нормальные напряжения в массиве грунта определяются по физическим уравнениям, выраженным через конечные разности.

Аналогично решается задача по определению напряженно-деформированного состояния и тела фундамента.

Для решения задачи по определению напряжений и деформаций в слое грунта на границе слоев рассматривается дополнительное условие:

$$\sigma_y^I = \sigma_y^{II}; \quad \tau_{xy}^I = \tau_{xy}^{II}. \quad (8)$$

Система алгебраических уравнений в перемещениях решается методом Зейделя. Для первого приближения принимается, что перемещения точек узлов $U'_{ij} = 0$ и $V'_{ij} = 0$. Это дает значения W_{ij} по формуле (5). Итерационный процесс производится до тех пор, пока разность значений искомой величины в двух последних итерациях будет меньше установленного критерия сходимости. При численном решении задачи исследовалась сходимость итерационного процесса.

В третьей главе излагаются расчетные и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния плит с криволинейной поверхностью опирания на однородном и неоднородном основаниях с переменными величинами μ и E . При этом установлено, что напряжения от изгиба в плитах с криволинейной поверхностью опирания меньше, чем в плитах с плоской подошвой на 35-40%, а их осадка на 16-20% больше.

Расчеты проводились для фундаментов шириной 1,2, 1,6, 2,0 и 2,8 м при показателях степени $n = 1, 2, 4$ и 8, которые позволяли установить наиболее рациональные, с точки зрения уменьшения внутренних усилий, решения. При этом рассматривались различные виды грунтов, имеющие применение в качестве естественных оснований. Характеристики грунтов брались из нормативных документов. Если основания являются многослойными с горизонтальными или наклонно расположенными слоями и при этом физические характеристики каждого слоя значительно отличаются друг от друга, то здесь для определения осадки и формы подошвы фундамента используется уравнение (5). При определении перемещений на границе двух смежных слоев необходимо использовать условие (8). При численном решении задачи по определению напряженно-деформированного состояния основания и формы подошвы фундамента установлено, что форма поверхности опирания плиты для слоистого основания практически не отличается от формы, полученной для однородного изотропного основания. Осадка зависит от деформативных характе-

ристик отдельных слоев и от их наклона к поверхности основания. Для горизонтального залегания слоев использовался приведенный модуль деформации:

$$E_0^{sp} = E_0^I + (E_0^{II} - E_0^I) \left(\frac{h_2}{h} \right)^2, \quad (9)$$

где E_0^I - модуль деформации I слоя;

E_0^{II} - модуль деформации II слоя;

h - глубина сжимаемой толщи;

h_2 - мощность второго слоя.

Аналогичную зависимость можно установить и для многослойного основания с наклонно расположенными слоями. По данным численных решений установлено уравнение подошвы фундамента, как функцию нагрузки, модуля деформации основания и ширины плиты, т.е.

$$s(x) = \frac{P_{cp}}{E_0} \left(\frac{5x^2}{b} - a_1 x \right), \quad (10)$$

где a_1 - коэффициент, зависящий от ширины плит.

Экспериментальные исследования плит с криволинейной поверхностью опирания проводились в лабораторных условиях и при строительстве жилых зданий. В лабораторных условиях испытывались плиты размерами 1.2x0.6x0.24 м с плоской и криволинейной поверхностью опирания. Они исследовались в лотке, где были созданы условия плоской деформации. Деформации измерялись при помощи тензометрических датчиков с базой 20 мм. В сжатой зоне плит было размещено по 6 тензодатчиков (рис. 2), а на рабочих стержнях арматуры по 9. Показания датчиков регистрировались прибором АИД-4 в комплекте с автоматическим переключателем АП-3. Деформации грунтового основания (мелкие пески средней плотности и тугопластичные суглинки) измерялись при помощи прогибомеров часового типа.

Экспериментальные исследования проводились с целью определения величины и характера распределения реактивных давлений. При исследовании использовались два типа динамометров. Первый из них представлял стан-

ную конструкцию, в которой для измерения давлений использовались тензодатчики с базой 20 мм, которые наклеивались на рабочий стержень.

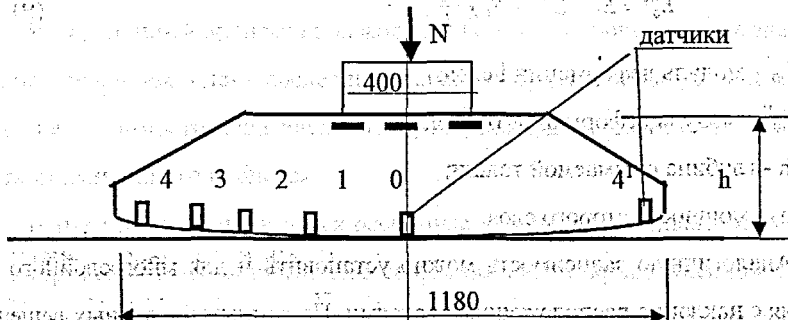


Рис. 2

Измерительное устройство заключалось в стальной цилиндрический корпус диаметром 36 мм и высотой 70 мм. Второй тип динамометров представлял собой конструкцию, на которую получено авторское свидетельство № 687351 на изобретение. Размещение датчиков по подошве плиты показано на рис. 2.

По результатам проведенных исследований установлено, что на каждой ступени нагрузки деформации от изгиба, а следовательно, и горизонтальные напряжения в фундаментной плите с криволинейной поверхностью опирания, меньше, чем в плите с плоской подошвой на 30-36%. Математическое ожидание величины снижения напряжений составляет 33%, а среднее квадратичное отклонение равно 3.8%. В таблице 1 приведены значения осадки фундаментных плит на каждой ступени нагрузки, при этом установлено, что с увеличением нагрузки в пределах допустимого давления на грунт осадка

Таблица 1.

Вид плиты	Нагрузка, кН				
	50	100	150	200	250
С плоской поверхностью опирания S_k , мм	4.8	8.2	13.6	18.6	23.5
С криволинейной поверхностью опирания S_k , мм	6.2	13.1	18.7	22.2	28.0

обоих типов фундаментов возрастала, практически, по линейному закону.

Эпюры контактных напряжений под плитами с плоской и криволинейной подошвой показаны на рис. 3: схема **a** - соответствует плите с плоской подошвой; **b** - плите с криволинейной подошвой.

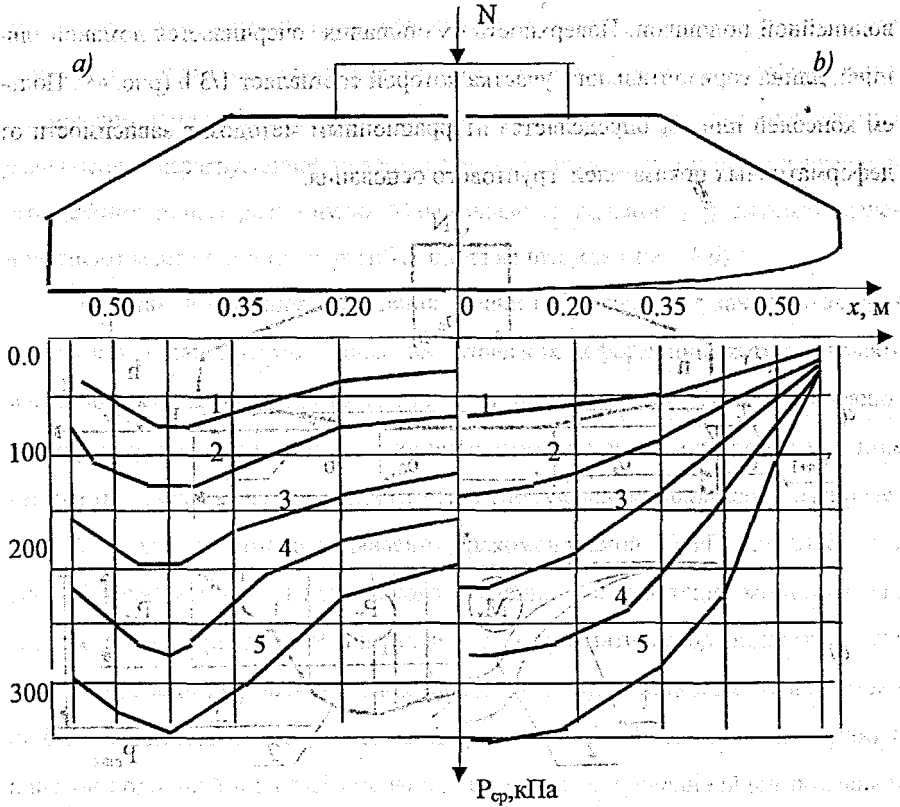


Рис. 3

Экспериментальное применение плит с криволинейной поверхностью опирания производилось в соответствии с программой, согласованной с Госстроем БССР и утвержденной Министерством промышленного строительства БССР. С применением данных плит были построены в Брестском районе два здания. В течение двух лет велись наблюдения за их осадкой и общим состоянием. Результаты исследований показали, что осадки зданий были меньше

расчетных. Крен в зданиях и трещины отсутствовали. При устройстве фундаментов с криволинейной подошвой были составлены соответствующие акты.

В четвертой главе даны результаты исследований фундаментных плит с выпуклой (призматической) поверхностью опирания, которые предлагаются как более технологичные при изготовлении и более экономичные, чем с криволинейной подошвой. Поверхность их опирания очерчивается ломаной линией, длина горизонтального участка которой составляет $1/3 b$ (рис. 4). Подъем консолей плит h_k определяется итерационным методом в зависимости от деформативных показателей грунтового основания.

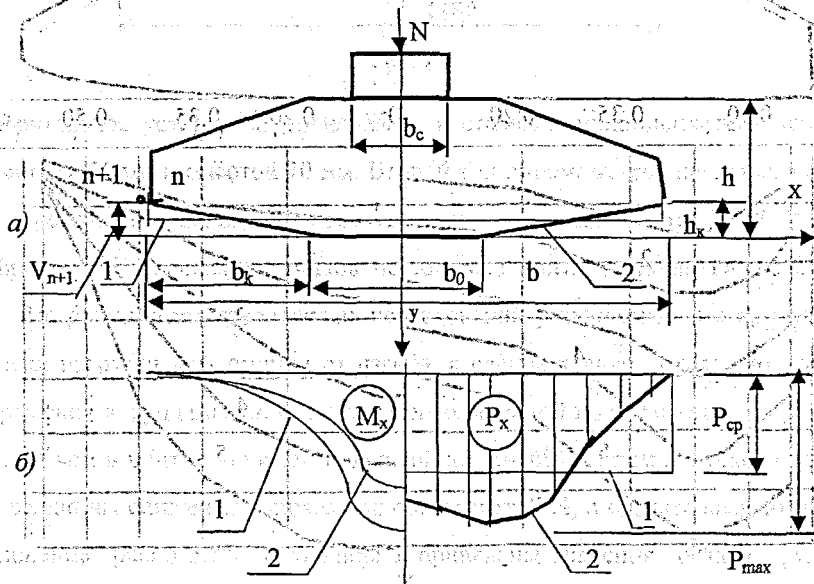


Рис. 4.

Если подошва фундаментной плиты имеет ломаную линию, то в сечении она имеет форму многогранной призмы. Поэтому в дальнейшем она будет называться плитой с призматической поверхностью опирания. При численном решении задачи первоначально определялась форма криволинейной поверхности опирания, затем ставилось дополнительное условие

$$V_n = V_{n+1} \quad (11)$$

где V_n - осадка крайней точки подошвы штампа;
 V_{n+1} - осадка точки на поверхности основания, находящейся рядом со штампом (рис. 4а).

Криволинейная поверхность опирания заменялась призматической и осадки всех остальных точек определялись из геометрических условий. При этом корректировались эпюра реактивного давления и напряженное состояние в основании и теле фундамента. Так как по условию (11) осадка края штампа равна осадке незагруженной поверхности основания, то реактивное давление в его крайних точках равно нулю. Максимальные значения реактивного давления имеют место в местах перегиба подошвы штампа (рис. 4 б). При такой постановке решения задачи грунт работает как упругая среда, так как ликвидируются зоны пластических деформаций, которые имеют место по краям жесткого штампа с плоской подошвой. При этом установлено, что характер распределения и величина внутренних усилий значительно отличаются от результатов, полученных при использовании равномерно распределенной эпюры реактивного давления, рекомендуемой СНиП 2.02.01-83. На рис. 4б показаны эпюры реактивного давления и изгибающих моментов для равномерно распределенной нагрузки 1 , для призматической подошвы 2 . По данным численных решений установлено, что изгибающий момент для штампа с призматической поверхностью опирания на 35-40% меньше чем у плит с плоской подошвой и на 4-5% меньше, чем у плит с криволинейной подошвой опирания. Это объясняется тем, что реактивное давление у штампа с призматической подошвой распределяется более рационально. Максимальные значения эпюры реактивного давления имеют место в местах перегиба и зависят от отношения горизонтального и наклонного участков. Так при отношении $b_0/b = 4$, то $P_{max} = 1.3 P_{cp}$; если $b_0/b = 3$, то $P_{max} = 1/5 P_{cp}$. По данным численных решений, методом наименьших квадратов, получены уравнение высоты наклона боковой грани подошвы штампа

$$h_k = \frac{P_{cp}}{E_0} (1,5b - \sqrt{b_0 b + b_1}), \quad (12)$$

где E_0 - модуль деформации основания;

P_{cp} - среднее значение реактивного давления под подошвой;

b_1 - параметр, равный 1 м.

Для плит ФЛп6-ФЛп16 и ФЛп20-ФЛп32 высота подъема консолей, вычисленная по формуле (12), изменяется в диапазоне от 25 до 60 мм.

Лабораторные испытания проводились в лотке размером 1,2x0,4x1,0 м с прозрачной стенкой. Испытывались плиты марок ФЛп 6, ФЛп 8. Основанием служил мелкий воздушно-сухой песок, который укладывался слоями с послойным трамбованием до плотности 1700 кг/м^3 . Для испытания были изготовлены две модели, которые имели размеры в плане 0,6x0,41 м. Одна с плоской подошвой, другая с призматической. Высота подъема консолей равнялась 20 мм. Бетон марки В12,5. Плита с плоской подошвой армировалась арматурной сеткой с диаметром рабочих стержней 6 мм класса АШ. Измерение контактных напряжений осуществлялось разработанными автором и изготовленными в БИСИ специальными датчиками давления, которые предварительно тарировались. Датчики помещались в теле фундамента и фиксировались по уровню подошвы. На упругом элементе датчика наклеивались по два тензорезистора. Полусумма их показаний исключала возможности погрешности при деформации изгиба, которые могли возникнуть при внецентренном приложении нагрузки. Были произведены серии нагружений при испытании плит с плоской и призматической подошвой. По результатам испытаний построены эпюры реактивных давлений (рис. 5): 1 - для плит с плоской подошвой; 2 - для плит с призматической подошвой. При малых нагрузках они имеют выпуклую форму и при возрастании нагрузки трансформируются в седлообразную. При этом на консолях реактивное давление незначительное, а к середине резко возрастает и имеет максимальные значения у перегибов подошвы. Осадка с ростом нагрузки изменяется нелинейно. Причем, с возрастанием нагрузки

приращения осадки уменьшаются. Это объясняется увеличением площади контакта плиты с основанием. Полная осадка на 15-20% больше, чем у плиты с плоской подошвой, а напряжения на 35-40 % меньше.

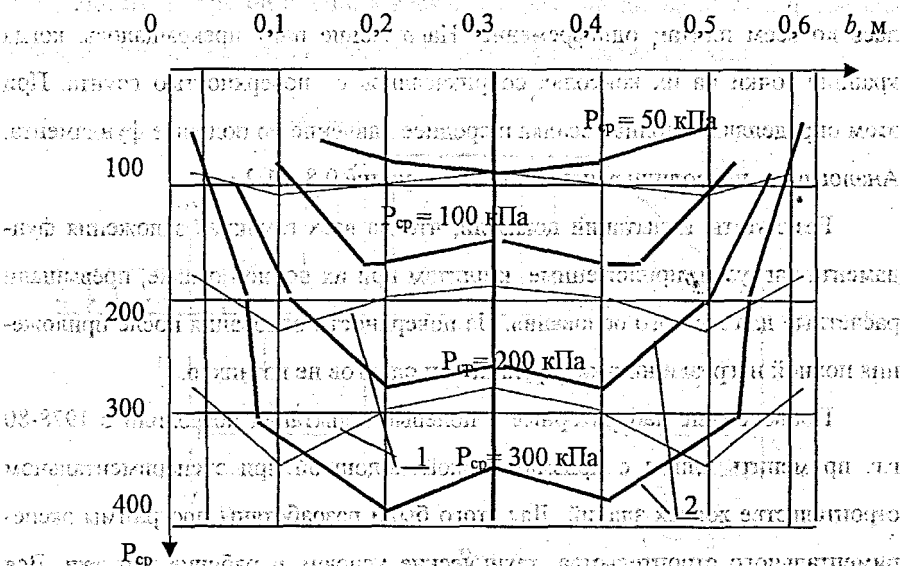


Рис. 5

Для проверки результатов лабораторных исследований фундаментных плит с призматической поверхностью опирания были проведены полевые испытания. На площадке проведения испытаний залегали песчаные грунты средней плотности с модулем деформации 19-20 МПа, удельным сцеплением 2,5-3,0 кПа и углом внутреннего трения 34-35°.

Для испытаний была принята фундаментная лента, состоящая из пяти плит марки ФЛп 6. Подъем консолей плит был равен 18 мм. Нагрузка прикладывалась системой гидродомкратов с питанием от насосной станции. Нагрузочное устройство было изготовлено из 5 рам. Каждая рама состояла из двух винтовых свай длиной 4,5 м и ригеля. Испытания проводились на глубине 0,2 м, 0,8 м и 1,2 м. При этом измерялась осадка плит и велось наблюдение за их

состоянием. Измерения осуществлялись по средней плите. Крайние четыре плиты служили для создания условий плоской деформации. Осадка измерялась прогибомерами в двух противоположных точках. Нагрузка прикладывалась ко всем плитам одновременно. Нагружение плит прекращалось, когда крайние точки на их консолях соприкасались с поверхностью грунта. При этом определялась полная осадка и среднее давление по подошве фундамента. Аналогично проводились испытания на глубине 0.8 и 1.2 м.

Результаты испытаний показали, что на всех глубинах заложения фундамента нагрузки, приложенные к плитам при их полной осадке, превышали расчетные для данного основания. На поверхности основания после приложения полной нагрузки никаких трещин или сдвигов не возникло.

Проведенные лабораторные и полевые испытания позволили в 1978-80 г.г. применить плиты с призматической подошвой при экспериментальном строительстве жилых зданий. Для этого были разработаны программы экспериментального строительства, технические условия и рабочие чертежи. Вся документация была согласована с институтами: ЦНИИЭПЖилища, НИИОСП им. Н.М. Герсевича и Минскпроект. Были построены два 5^н этажных жилых дома в Брестской области и один 9^н этажный 267 квартирный жилой дом в г. Минске. Для наблюдения за осадкой зданий на обресе фундаментов были заложены марки. Результаты наблюдений в течение 2-х лет показали, что деформации здания не превышают расчетных и составляли 35-50 мм.

В пятой главе излагаются результаты исследования предельного состояния грунтового основания при различных степенях и формах нагружения. Для определения начальной критической нагрузки на грунт давление по консоли штампа, изменяющееся по линейному закону, заменим ступенчатой нагрузкой. Так, величину первой ступени $P_{кр,1}^n$ (рис. 6) можем определить по формуле Н.П. Пузыревского:

$$P_{кр,1}^n = \frac{\pi(q + c \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - 0,5\pi} + q = P_{кр,0}^n + q, \quad (13)$$

Для песчаного грунта при $C = 2$ кПа, $\varphi = 30^\circ$ и пригрузке $q = 20$ кПа получим, что $R_{кр,0}^n = 101$ кПа, т.е. дополнительная нагрузка, при которой грунт будет работать в упругой стадии в несколько раз больше пригрузки q . Начальная критическая нагрузка на первой ступени будет равна 121 кПа.

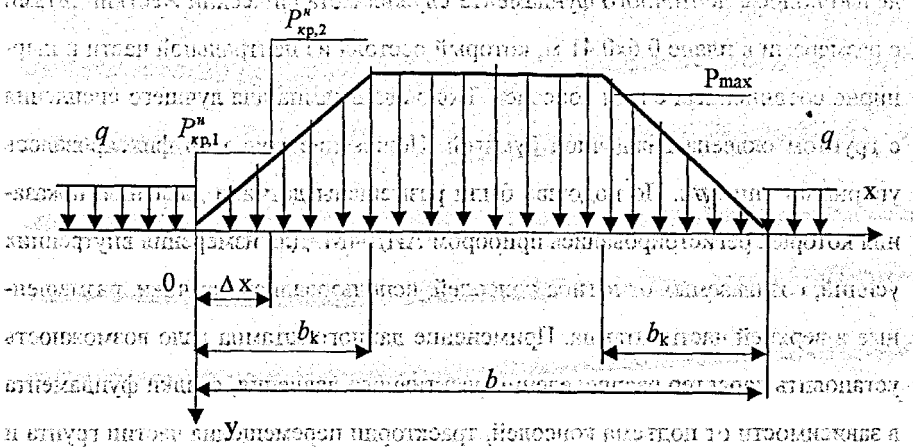


Рис. 6. Вспомогательная нагрузка на второй ступени

Для определения начальной критической нагрузки $R_{кр,2}^n$ на второй ступени, $R_{кр,1}^n$ будет являться пригрузкой. Но так как фактически нагрузка по консоли штампа распределяется по треугольнику, поэтому за пригрузку для второй ступени принимаем $0.5 R_{кр,1}^n = 60.5$ кПа. Тогда $R_{кр,2}^n = 335.5$ кПа.

Расчетное сопротивление грунта по данным СНиП 2.02.01-83 равно 196 кПа, т.е. пригрузка первой ступени обеспечивает несущую способность данного грунта. Вторая ступень обеспечивает максимальное давление по центральной части плиты $R_{max} = 1.5 R = 294$ кПа (при $b_k = 1/3b$), т.е. даже без учета нагрузки на всем наклонном участке b_k , $R_{кр,2}^n = 335.5$ кПа $> R_{max} = 294$ кПа.

Для исследования работы грунта на наклонном участке плиты использовалось условие прочности Мора-Кулона, в результате решения которого получено максимальное значение угла наклона консоли плиты $\delta < \varphi$, при котором грунт работает в упругой стадии.

Для проверки результатов теоретических решений были проведены экспериментальные исследования работы жесткого штампа на песчаном основании ($\phi = 28^\circ$) с подъемом консолей от 0° до 27° . В лабораторных условиях испытания проводились в железобетонной лотке размерами $1.2 \times 0.42 \times 1.0$ м. Моделью полосы ленточного фундамента служил металлический жесткий штамп с размерами в плане 0.6×0.41 м, который состоял из центральной части и шарнирно соединенных с ним консолей. Подошва штампа для лучшего сцепления с грунтом оклеена наждачной бумагой. Положение консолей фиксировалось упорными винтами. По подошве были размещены датчики давления, показания которых регистрировались прибором АИД-4М. Для измерения внутренних усилий, создаваемых от изгиба консолей, использовались датчики, размещенные в верхней части штампа. Применение данного штампа дало возможность установить характер распределения реактивного давления, осадки фундамента в зависимости от подъема консолей, траектории перемещения частиц грунта и определить изгибающие моменты в опасных сечениях.

Испытания проводились на мелком, воздушно-сухом песчаном грунте с плотностью $1.62-1.74 \text{ т/м}^3$. Нагрузка прикладывалась ступенями по 50 кН , до тех пор, пока крайние точки консолей штампа не касались поверхности основания. Максимальные значения реактивного давления имели место в местах перегиба консолей и достигали $1.4 - 1.6 P_{cp}$.

Испытания показали, что при угле подъема консолей до 22° максимальная несущая способность грунта увеличивалась по мере увеличения угла подъема консолей. При этом наблюдалась равномерная осадка полос грунта под нагрузкой. Выпор отсутствовал. Осадка поверхности грунта имела место и за пределами штампа (рис. 7), что указывало на упругую работу основания. При угле наклона консолей 27° (рис. 8) уплотнение грунта наблюдалось только под горизонтальной частью штампа. На консолях происходило частичное уплотнение с перемещением частиц грунта в стороны. При полной осадке

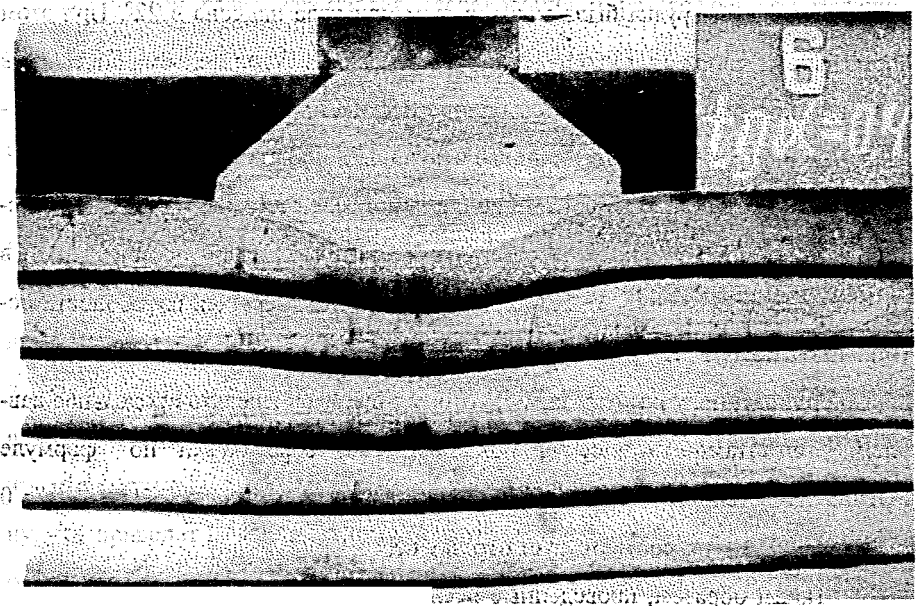


Рис. 7

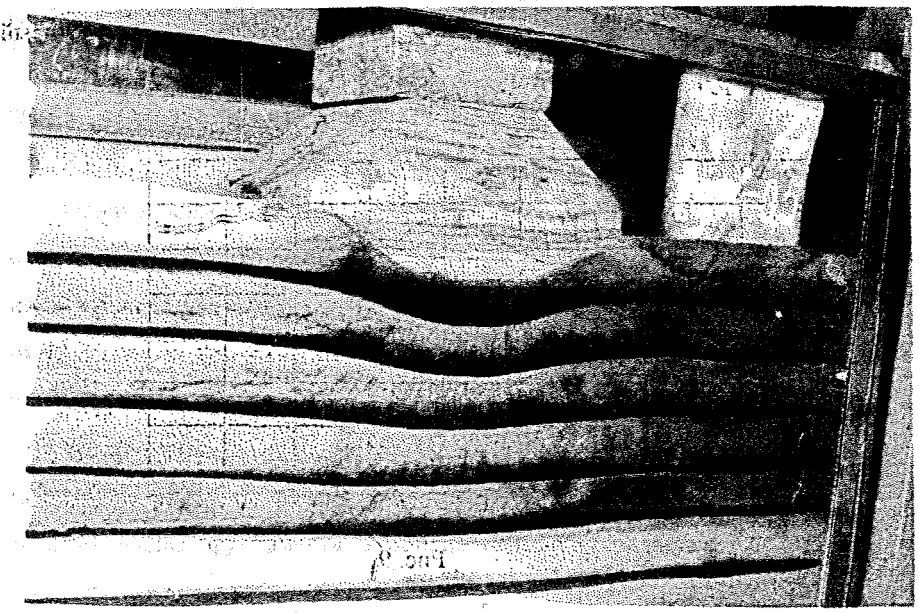


Рис. 8

максимальная нагрузка была меньше, чем при угле наклона в 22° . При этом произошел выпор грунта на поверхности основания. Угол подъема консолей в 27° , при котором произошло исчерпание несущей способности, примерно равен углу внутреннего трения данного основания.

На рис. 9 показано влияние подъема консолей штампа на несущую способность грунта. Эта зависимость выражается практически прямой линией в пределах $\delta \leq 24^\circ$. При $\delta > 27^\circ$ происходит падение несущей способности основания с потерей его устойчивости. Продолжая линию ab до пересечения с осью ординат, получим отрезок oc , который будет определять предельное давление под штампом с плоской подошвой. Так, теоретически по формуле Прандтля-Рейснера для данного грунта при $\varphi = 28^\circ$, $c = 15$ кПа и $q = 0$ $P_{пред}^0 = 56$ кПа, что соответствует отрезку oc .

Таким образом, проведенные исследования показали, что при действии наклонной нагрузки, изменяющейся от 0 до предельного значения, потеря устойчивости основания возникает, если угол наклона подошвы штампа $\delta \geq \varphi$. При этом b_k должно быть $< h_k / \text{tg}\varphi$, где h_k — подъем консолей штампа, который равен осадке грунта под штампом.

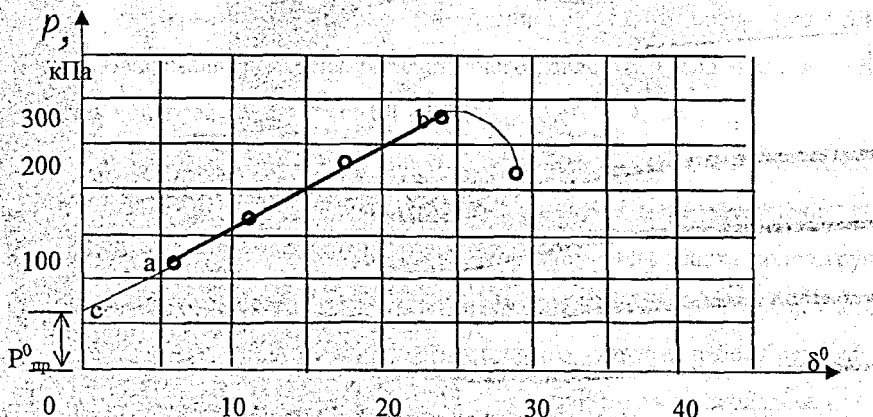


Рис. 9

В шестой главе излагаются исследования и разработка конструкций фундаментов с равной осадкой. Одним из основных вопросов при проектировании фундаментов является определение их осадки, и чтобы они не превышали допускаемых строительными нормами величин. В конечном результате опасным является большая относительная разность осадок отдельных фундаментов, которая может привести к разрушению здания. Применение плит с призматической поверхностью опирания дает возможность не только уменьшить разность осадок отдельных фундаментов, но и, теоретически, свести ее к нулю. Чтобы выравнять осадку фундаментов разной ширины необходимо для широких плит ее уменьшить, или для более узких ее увеличить. В первом случае для уменьшения осадки широких плит необходимо увеличить их ширину, что приведет к значительному перерасходу материалов. Чтобы увеличить осадку более узких плит, необходимо уменьшить их ширину. Это приведет к уменьшению расхода материалов, но возрастает давление на грунт по сравнению с расчетным. Поэтому использование второго варианта для плит с плоской подошвой является невозможным в виду невыполнения условия:

$$P_{cp} \leq R_{г} \quad (15)$$

где P_{cp} - среднее давление под плитой;

R - расчетное давление на грунт.

Однако применение плит с выпуклой (криволинейной или призматической) поверхностью опирания, за счет пригрузки на консолях, дает возможность увеличить нагрузку на грунтовое основание за счет уменьшения ширины их подошвы и, тем самым, выравнять осадку отдельных фундаментов. При этом будет выполняться условие (15).

Проектирование фундаментов с равной осадкой производится по данным численного решения задачи. При этом первоначально определяется максимальная осадка фундаментов, а ширина плит уменьшается до тех пор, пока не будет соблюдаться условие

где $S_i = S_{\max}$ — осадка плит фундамента здания; S_{\max} — максимальная осадка.

Затем устанавливается соответствующая форма опирания плит, определяются реактивные напряжения, внутренние усилия в расчетных сечениях плит, расчетное давление на грунт и проверяется условие (15). В целях проверки работы грунтового основания и фундаментных плит с выравненной осадкой были проведены экспериментальные исследования в полевых условиях.

Полевые испытания фундаментов различной ширины, с целью выравнивания их осадки, проводились для плит ФЛп 6, ФЛп 8 и ФЛп 10. Плиты укладывались в одну ленту по три штуки каждой марки. Первоначально расчетная нагрузка прикладывалась к плитам ФЛп 10. Затем нагружались ФЛп 6 и ФЛп 8 до тех пор, пока их осадка не равнялась осадке ФЛп 10. В таблице 2 приведены значения нагрузки и осадки плит, вычисленных по данным СНиП и по результатам экспериментальных исследований.

Таким образом, чтобы выравнять осадку фундамента, состоящего из плит разной ширины, необходимо к плитам, имеющим меньшую ширину, приложить дополнительную нагрузку, или уменьшить их ширину. Так,

Таблица 2 - 2

По СНиП 2.02.01-83				По данным эксперимента			
Марки	$P_{\text{ср}}$, кПа	N , кН	S , мм	Марки	$P_{\text{ср}}$, кПа	N , кН	S , мм
ФЛ10	280	84.0	19.6	ФЛ10	280	84.0	24
ФЛ 8	280	67.7	16.0	ФЛ 8	340	81.5	24
ФЛ 6	280	50.0	13.0	ФЛ 6	444	80.0	24

проведенные исследования плит с переменным подъемом консолей в диапазоне от 0,1 до 1,2 МПа, показывают, что для выравнения осадки плит с различной шириной необходимо прикладывать дополнительные нагрузки, которые вызывают среднее давление до 1,2 МПа, дают возмож-

ность установить закономерности по выравниванию осадок отдельных фундаментов с соответствующей экономической эффективностью.

Расчет фундаментов с равной осадкой производится в следующем порядке:

- определяются марки плит ленточных фундаментов в зависимости от действующей нагрузки и грунтовых условий по существующей методике;

- определяются осадки фундаментных плит и устанавливается плита с максимальной осадкой S_{\max} ;

- во всех остальных плитах уменьшается ширина до тех пор, пока не будет выполняться условие $S_1 = S_{\max}$;

- полученные размеры плит увеличиваются до ближайшего типового размера, вычисляется их осадка, давление под подошвой и проверяется условие $P_{\max} \leq R_n$, где R_n - расчетное сопротивление грунта под фундаментом с призматической подошвой, которое определяется по формуле

$$R_n = \frac{\gamma_a \gamma_{c2}}{k} [M_r b \gamma_{п1} + M_q (P_{cp} + \gamma_{п1} d_1) + M_c c_{п1}]$$

где P_{cp} - среднее давление на консоли, которое для средней части плиты является пригрузкой. Остальные показатели даны в СНиП 2.02.01-83.

Если $P_{\max} > R_n$, то увеличивается ширина плит.

Для решения данной задачи составлен алгоритм и рабочая программа, по которой можно определить новые размеры плит ленточных фундаментов с выравненной осадкой. Результаты исследований плит по указанной программе дали возможность построить графические зависимости между шириной фундамента и его осадкой при различных степенях нагружения для грунтового основания с условным модулем деформации $E_y = 1.0$ МПа и коэффициенте бокового расширения $\beta = 1$ (рис.10). Используя данные графики, осадку фундамента можно определить по формуле

$$S_B = \frac{\beta S_y}{E} \quad (17)$$

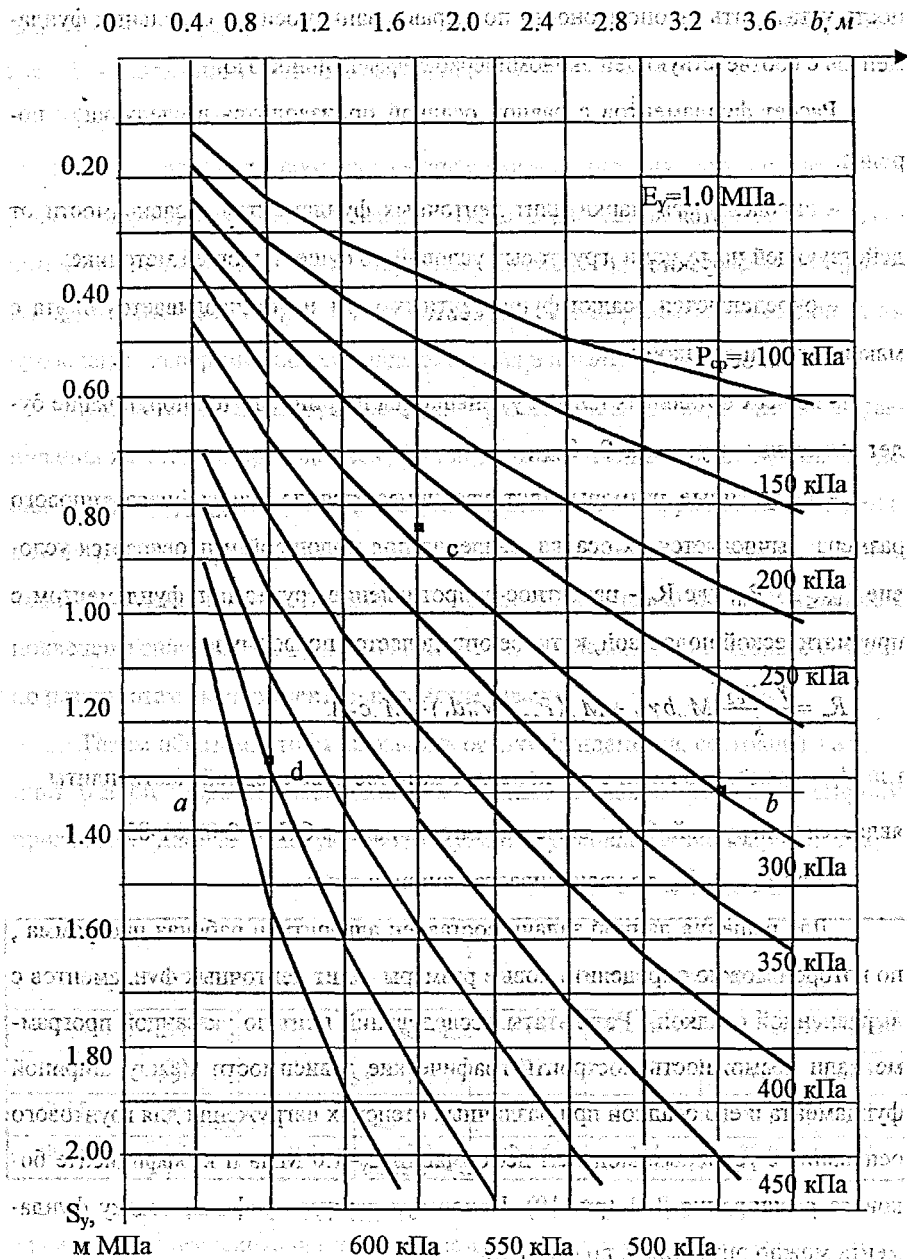


Рис. 10

в осадке основания и в конструктивной высоте плиты. Величина осадки $S_{\text{у}}$ осадка условного основания, определяемая по монограмме рис. 10.

Чтобы запроектировать фундаменты с выравненной осадкой на номограмме определяется точка, соответствующая плите с максимальной осадкой.

Из полученной точки проводится горизонтальная линия, которая и определяет ширину фундаментных плит в остальных сечениях, имеющих соответствующую нагрузку и осадку. Так, например, получили, что под максимальную нагрузку 960 кН требуется плита шириной 3,2 м с давлением 300 кПа (точка б).

Проведя прямую ба, получим следующие марки плит и действующую на них нагрузку при условной осадке 1.32 м: ФЛп28 - N=924 кН; ФЛп24 - 864 кН; ФЛп16 - 704 кН; ФЛп12 - 590 кН; ФЛп8 - 450 кН. Однако по данным СНиП

2.02.01-83 под нагрузку 440 кН требуется плита ФЛп6 с давлением по подошве 280 Па. Условная осадка для данной плиты равна 0,83 м (точка с). Условная осадка плиты ФЛп8 при нагрузке 440 кН ($P_{\text{ср}} = 550 \text{ кПа}$) будет равна 1.28 м (точка d). Таким образом, получили, что относительная условная разность осадок по СНиПу $\Delta S = S_{\text{ср}} - S_i = 1,32 - 0,83 = 0,49 \text{ м}$; по предлагаемой мето-

дике $\Delta S_{\text{в}} = S_{\text{ср}} - S_i = 1,32 - 1,28 = 0,04 \text{ м}$, т.е. разность осадок уменьшилась в несколько раз и при этом получили дополнительный экономический эффект.

Если расчетная ширина плит больше 4 м, то их можно изготавливать сборными, состоящими из трех блоков: центрального и двух консольных, длиной $b_k = 1/3 b$. Между центральным и консольными блоками вставляются упру-

гие элементы, которые при полной нагрузке обеспечивают подъем консолей на величину $h_k = S_{\text{п}}$ (где $S_{\text{п}}$ - осадка фундамента). В этом случае реактивное давление будет изменяться от 0 по краям плиты до P_{max} в центральной ее части (аналогично, как показано на рис. 5). На данную конструкцию фундамента получено а. с. № 691524.

Предлагается также изготавливать составные плиты из трех блоков без упругих элементов. Здесь, чтобы получить рациональное распределение реак-

тивного давления, консольные блоки монтируются под углом δ к поверхности

основания с условием, что $\text{tg}\delta = h_k/b_k$, а $h_k = S_{\text{пл}}$. Составные плиты можно изготовлять шириной до 10-12 м, а по себестоимости, с учетом выравнивания подошвы фундаментов с этими ширинами, выигрывают перед монолитными фундаментами. Они конкурентно способны с монолитными фундаментами.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Основные научные результаты по исследованию напряженно-

деформированного состояния плит с выпуклой поверхностью опирания для ленточных фундаментов при их совместной работе с грунтовым основанием, изложенные в диссертации, заключаются в следующем:

1. Выявлены закономерности неравномерного распределения реактивных давлений у плит ленточных фундаментов с выпуклой подошвой, которые кардинально влияют на характер работы и распределение напряжений в грунтовом основании, и значительно уменьшают внутренние усилия в расчетных сечениях тела фундамента [1,2,3,12].

2. Аналитическое решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния однородного изотропного основания под жестким штампом с выпуклой подошвой позволило установить форму его подошвы, при которой реактивные давления распределяются по параболическому закону с нулевыми значениями по краям [1].

3. Экспериментальные исследования плит ленточных фундаментов различного очертания в лабораторных и полевых условиях позволили установить величину и характер распределения реактивных давлений в зависимости от формы подошвы плит, вида силового воздействия и деформативных показателей грунтовых оснований [4,5,7,8].

4. Выпуклая подошва жесткого штампа с переменными углами подъема консолей, при их изменении от нуля до величины угла внутреннего трения грунта и постепенном возрастании давления от края до середины, значительно увеличивает предельную несущую способность грунтовых оснований. При этом установлено, что максимальное значение угла подъема консолей штампа, при котором грунт находится в устойчивом состоянии не должно превышать угла внутреннего трения [6,11,19].

5. Распределение реактивных давлений под штампом с выпуклой подошвой по параболическому закону с нулевыми значениями по краям создает условия упругой работы грунтового основания, при которых под подошвой штампа не возникает зон пластических деформаций. Такая модель сохраняется для всех видов грунтовых оснований, независимо от их прочностных и деформативных свойств [1,13].

6. Установлено, что плиты с выпуклой поверхностью опирания, за счет более оптимального распределения реактивных давлений, могут применяться для устройства ленточных фундаментов на более слабых грунтах, допускаемых строительными нормами, что увеличивает диапазон их применения по сравнению с типовыми конструкциями [15,21].

7. Определены условия выравнивания осадочных деформаций грунтового массива, загружаемого на различных участках произвольной нагрузкой, и, благодаря соответствующему конструктивному решению, получен дополнительный экономический эффект по сравнению с существующими методами расчета. При этом повышена надежность работы ленточного фундамента на основаниях с различными физико-механическими показателями [9,10,16].

8. Применение предлагаемой методики расчета позволило разработать составные конструкции железобетонных плит шириной до 10 м, состоящие из трех элементов и имеющие значительную, до 50%, экономическую

эффективность. Кроме этого, используя данные плиты для устройства ленточных фундаментов, путем изменения их ширины и угла подъема консолей, можно производить выравнивание их осадок [1,17,20].

9. Разработанные программное и методическое обеспечение расчетов позволило для выполнения работ по проектированию ленточных фундаментов, учитывающее рациональное перераспределение усилий и моментов, учет влияния трещин подолов и влияния активных давлений и осуществляющее выравнивание осадок отдельных участков фундаментов в условиях неадекватного нагружения, позволило разработать более экономичные и надежные конструкции с минимизацией расхода материалов на их изготовление [14,15,21,22].

10. Исследование работы плит с выпуклой поверхностью опирания на различные виды грунта, анализированные по различным деформативным, прочностным и деформативным показателям, грунтовых оснований позволили разработать графо-аналитический метод расчета ленточных фундаментов с выравненной осадкой без применения вычислительной техники [1,9,10,18].

11. Конструкции плит с выпуклой поверхностью опирания, на основе разработанных нормативных документов и рабочих чертежей, нашли свое применение при проектировании и строительстве ленточных фундаментов различных объектов, а 20-и летняя практика их эксплуатации подтвердила высокий уровень надежности и экономичности полученных решений. Вся документация на "Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов" распространена для изучения и внедрения в 26 строительных и проектных организациях Белоруссии, России и других бывших республик СССР [13,23,24].

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Грицук М. С. Рациональные конструкции плитных фундаментов. - Брест: Брестский политехн. ин-т. - 1997. - 218 с.

2. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю. Напряженно-деформированное состояние фундаментных блоков с криволинейной поверхностью опирания // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - 1978. - N 10. - С. 31-33.
3. Грицук М. С., Даркович С. С., Игнатюк В. Ю. Рациональные конструкции блоков для ленточных фундаментов // Пространственные конструкции в Красноярском крае: Сб. тр. / Под ред. А.П.Абовского. - Красноярск, 1979. - С. 119-122.
4. Грицук М. С. Экспериментальное исследование фундаментных блоков с плоской и призматической подошвой на песчаном основании // Проблемы сельскохозяйственного строительства: Респ. сб. ст. - Минск, Ураджай. - 1980. - С. 90-94.
5. Грицук М. С., Даркович С. С. Действие жесткого штампа с выпуклой поверхностью опирания на грунтовое основание // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - 1980. - N 6. - С. 17-20.
6. Грицук М. С., Даркович С. С. Экспериментальное исследование работы штампа с выпуклой поверхностью опирания на грунтовое основание // Экспериментально-теоретические исследования процессов упруго-пластического деформирования оснований и фундаментов: Межвуз. сб. / Под ред. Ю. Н. Мурзенко. - Новочеркасск, 1980. - С. 81-85.
7. Грицук М. С., Даркович С. С. Метод экспериментального исследования действия штампа с призматической поверхностью опирания на грунтовое основание // Стр-во и архитектура БССР. - Минск, 1980. - С. 41-43.
8. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю. Исследование совместной работы упругого основания и фундаментных плит с криволинейной поверхностью опирания / Сельское стр-во Белоруссии. - Минск, 1982. - N 1. - С. 20-22.
9. Грицук М. С. Исследование влияния формы подошвы отдельных фундаментов на их осадку // Инженерная геология, механика грунтов и фундаментостроение: Мат-лы межресп. конф. «Геотехника-83» - Минск, Белорусский политехн. ин-т, 1982. - С. 289-293.
10. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю., Тарасевич А. Н. Устройство фундаментов с равной осадкой // Проблемы создания новых строительных конструк-

ций и технологии их производства: Тез. докл. республ. конф. - Минск, 20-21 мая 1982 г. - Минск, 1982. - С. 81-83.

11. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю., Тарасевич А. Н. Исследование влияния перераспределения реактивных давлений на несущую способность оснований и фундаментов // Плитные фундаменты зданий и сооружений: Тез. докл. республ. научн.-техн. конф. - Симферополь, 3-6 октября 1983 г. / Госстрой СССР. - Киев, 1983. - С. 84-85.

12. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю., Тарасевич А. Н. Фундаментные плиты с криволинейной поверхностью опирания для намывных оснований // Строительство на намывных грунтах: Тез. докл. научн.-пркт. конф. Тюмень, 20-21 сент. 1984 г. / Тюменский инж.-строит. ин-т. - М., 1984. - С. 72-73.

13. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю., Тарасевич А. Н. Рациональные конструкции ленточных фундаментов с выпуклой подошвой: Информационный листок № 86-09 НТД. / Брест. межотр. территор. центр науч.-техн. информ. Брест, 1986. - 4 с.

14. Игнатюк В. Ю., Грицук М. С. Экономичные конструкции фундаментов для сельского строительства // Снижение материал- и энергоемкости, повышение технологичности в сельском строительстве: Тез. докл. Научн.-техн. конф., Брест, Брест. политехн. ин-т. - 1987. - С. 51-52.

15. Грицук М. С. Конструкции плитных ленточных фундаментов на слабых основаниях // Строительство зданий на крутых склонах и откосах: Тез. докл. республ. конф., Севастополь, 26-27 марта 1989 г. / КрымНИИпроект. Симферополь, 1989. - С. 24-25.

16. Грицук М. С., Игнатюк В. Ю. Разработка и применение экономичных конструкций плит для ленточных фундаментов // Тез. докл. межвуз. науч.-практ. конф., Брест, 5-6 янв. 1989 г. / Брест. политехн. ин-т. - Брест, 1989. - С. 43-45.

17. Грицук М. С. Рациональные конструкции фундаментов шириной более 3,2 м // Тез. докл. XXI научн.-техн. конф. по проблеме «Наука и мир»: в 3 ч. - Брест, 1995. - ч. 3. - С. 72-74.

18. Грицук М. С. Практический метод выравнивания осадок ленточных фундаментов с выпуклой поверхностью опирания // Проблемы и перспективы современных строительных конструкций и технологий: Тр. XXV науч.-техн. конф. / Отв.ред. В. И. Драган. - Брест, БПИ.- 1998. - С. 154-158.

19. А. с. СССР N 687351, МКИ. G 01 L 1/02. Устройство для измерения давления на грунт / Грицук М. С., Игнатюк В. Ю.; Брест. инж.-строит. ин-т.- N 2543284/18-10: Заявл. 09.11.77; Оpubл. 25.09.79. Бюл. N 35 // Открытия. Изобретения. - 1979. - № 35. - С. 172.

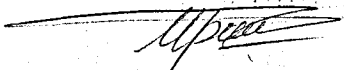
20. А. с. СССР N 691524, МКИ E 02 D 27/00. Фундамент / Грицук М. С., Даркович С. С., Тарасевич А. Н.; Брест. инж.-строит. ин-т.- N 2602918/29.33; Заявл. 07.04.78; Оpubл. 15.10.79 Бюл. N 38 // Открытия. Изобретения.- 1979.- № 38. - С. 93.

21. Разработка рациональных конструкций фундаментов на пойменно-намывных и заболоченных территориях: Отчет о НИР (заключит.) / Брестский инж.-строит. ин-т; Рук. Федоров В. Г. - N ГР 78027510.- Брест, 1979. - 98 с.

22. Разработка исследование и внедрение фундаментных плит с выпуклой поверхностью опирания при строительстве жилых зданий в БССР: Отчет о НИР (заключ.) / Брестский инж.-строит. ин-т; Рук. Грицук М. С. - N ГР 81074963.- Брест, 1983. - 48 с.

23. ТУ 223 БССР 12-86. Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов. Взамен ТУ 65 БССР 34-122-79.- Брестский инж.-строит. ин-т; Введ. 01.03.87; Республиканский технический центр.- Продл. 21.09.87 г.- Минск, 1987. - 17 с.

24. Плиты железобетонные с призматической поверхностью опирания для ленточных фундаментов // Рабочие чертежи: Утв. и введ. в действие Госстроем БССР с 30.03.87; Пост. N 41 / Разраб. Брест. инж.-строит. ин-т. - Вып. 1. - 72 с.- Вып. 2. - 68 с. (Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений).



Лицензия ЛР № 020593 от 7.08.97

Подписано в печать 19.03.99. Объем в п.л. 2,25

Тираж 100. (Заказ № 146)

Отпечатано с готового оригинал-макета

в Издательстве СПбГУ

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29