

МПС РОССИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

---

**24/5/6**

Одобрено кафедрой  
«Здания и сооружения  
на транспорте»

Утверждено  
деканом факультета  
«Транспортные сооружения  
и здания»

## **ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

Рабочая программа  
и задание на курсовой проект  
с методическими указаниями  
для студентов IV курса

специальности

**290300 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)**



Москва – 2003

Составитель: д-р техн. наук, проф. В.Л. КУБЕЦКИЙ

Рецензент: канд. геолого-минералогических наук,  
доцент С.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ

Курс — IV. Семестры — 7, 8.  
Всего часов — 150. Лекционные занятия — 12 ч.  
Практические занятия — 12 ч.  
Курсовой проект — 1.  
Самостоятельная работа — 81 ч.  
Экзамен — 8 семестр

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

В учебном плане подготовки инженеров по специальности “Промышленное и гражданское строительство” дисциплина “Основания и фундаменты” является специальной.

Целью преподавания дисциплины “Основания и фундаменты” является подготовка высококвалифицированного специалиста с необходимым диапазоном знаний в области расчета и конструирования различных типов фундаментов сооружений промышленного и гражданского назначения, расчета грунтовых оснований по предельным состояниям.

Изучаются различные типы фундаментов, методы расчета и конструирования фундаментов различных типов и их оснований в различных инженерно-геологических условиях.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

Изучив дисциплину, студент должен:

*Знать и уметь использовать:*

тенденции развития научно-технического прогресса в области оснований и фундаментов, основы теории проектирования оснований и фундаментов по предельным состояниям; конструкции фундаментов зданий и сооружений в различных отраслях народного хозяйства.

*Владеть:*

основами расчета оснований и конструирования фундаментов различных типов в соответствии с требованиями нормативных документов.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Введение

Содержание курса и его связь с другими дисциплинами. Основные понятия и определения. Задачи дисциплины для проектирования и строительства зданий и сооружений различного назначения. Исторический обзор развития дисциплины. ГОСТы и СНиПы, международные стандарты.

### 2.2. Основные положения проектирования оснований и фундаментов

Типы оснований и фундаментов и область их применения. Вариантность решений при проектировании фундаментов. Техничко-экономические факторы, определяющие выбор типа оснований, вида и глубины заложения фундаментов. Материалы, необходимые для проектирования фундаментов [2, с. 397-403; 4, с. 16,17; 5, с. 31-35].

Основные положения проектирования оснований по предельным состояниям. Виды предельных состояний оснований.

Виды деформаций зданий и сооружений. Деление зданий и сооружений в зависимости от их жесткости и чувствительности к неравномерным осадкам [2, с. 192-211].

#### Вопросы для самоконтроля

1. Как производится выбор вариантов фундаментов?
2. Назовите основные принципы расчета фундаментов по предельным состояниям.

## 2.3. Фундаменты, возводимые в открытых котлованах

### 2.3.1 Конструкция фундаментов мелкого заложения

Материалы фундаментов. Виды и конструкции фундаментов мелкого заложения на естественных основаниях (отдельные, ленточные, перекрестные, сплошные, массивные — монолитные и сборные). [2, с. 228-233; 4, с. 17-16; 6, с. 39-57].

### 2.3.2 Нагрузки и воздействия

Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований. Нормативные и расчетные нагрузки и их сочетания при проектировании оснований по предельным состояниям [2, с. 9-10; 6, с. 67,68].

### 2.3.3 Распределение напряжений в основаниях

Распределение напряжений от прямоугольной нагрузки (пространственная задача). Определение напряжений в случае плоской задачи при полосообразной нагрузке. Напряжение от собственного веса грунта в однородном, слоистом основаниях и при наличии грунтовых вод [3, с.100-118; с.74-108; 4, с.65-70; 6, с.60-67].

### 2.3.4 Глубина заложения фундаментов

Определение минимальной глубины заложения фундаментов в зависимости от геологических условий, сезонного промерзания грунтов, конструктивных и эксплуатационных особенностей сооружений [2, с. 212-219; 4, с. 32-41; 5, с. 68-73; 8, с. 5-7].

### 2.3.5 Расчет оснований по деформациям

Расчетное сопротивление грунтов основания. Определение основных размеров жестких фундаментов при действии центральной и внецентренной нагрузок. Расчет размеров подошвы фундамента при наличии подвала [2, с. 22-247; 4, с. 41-61; 5, с. 79-83; 7, с. 8-9].

Расчет осадок оснований методом послойного суммирования и методом эквивалентного слоя. Определение осадки фундамента во времени при фильтрационной консолидации. Расчет крена сооружений [2, с. 119-136, 220; 4, с. 70-73, 78-80, 104-109; 5, с. 83-92; 7, с. 28-33].

Основные положения проектирования гибких фундаментов. Методы местных и общих деформаций [2, с. 247-252; 4, с. 140-143; 5, с. 132-146].

Основные принципы конструирования различных типов фундаментов. Защита подвалов и подземных сооружений от подтопления грунтовыми водами. Защита фундаментов и стен от агрессивного действия грунтовых вод [2, с. 233-237; 4, с. 28-31].

Далее выполните следующую работу:

Запроектируйте первый вариант — фундамент на естественном основании согласно заданию курсового проекта [1].

#### Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависит и как определяется глубина заложения фундаментов?
2. Что такое расчетное сопротивление грунта основания? От каких характеристик грунтов зависит эта величина?
3. Как определяются размеры подошвы фундаментов? Какие методы расчета осадок применяются при проектировании фундаментов? Чем они отличаются друг от друга?
4. Какие факторы влияют на величину осадки?
5. Какова последовательность расчета фундаментов мелкого заложения?
6. Какие методы гидроизоляции подвалов применяются в зависимости от уровня грунтовых вод?

### 2.4. Свайные фундаменты

Основные определения. Виды конструкций и классификация свай. Типы свайных фундаментов. Условия применения различных видов свай и свайных фундаментов (предварительно изготовленные сваи, погружаемые в грунт; сваи,

изготавливаемые в грунте). Деформация грунтов вокруг свай при ее погружении [2, с. 252-262; 4, с. 143-148; 5, с. 156-165].

Условия работы свай-стоек и висячих свай. Определение несущей способности свай-стойки по грунту. Определение несущей способности свай по материалу. Различные методы определения несущей способности одиночной висячей сваи по грунту: практический метод (СНиП); по данным пробной забивки (динамический метод); при испытаниях статической нагрузкой [2, с. 262-280; 4, с. 148-159; 8, с. 6-12].

Расчет свайных фундаментов с низким ростверком. Проектирование центрально и внецентренно нагруженных свайных фундаментов с низким ростверком. Сопротивление свай горизонтальным нагрузкам, расчет свайных фундаментов на горизонтальную нагрузку. Расчет свайных фундаментов по предельным состояниям. Расчет и конструирование свайных ростверков [2, с. 281-290; 4, с. 159-172, 177-182; 5, с. 165-169, 178-180; 8, с. 20-24].

Освоив теоретический материал этого раздела, Вы должны приступить к проектированию второго варианта — свайного фундамента согласно заданию курсового проекта [1].

#### Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируются сваи по характеру работы, изготовлению и способам погружения?
2. Какие существуют методы расчета несущей способности одиночных свай?
3. Как производится проверка свайного фундамента на прочность грунта в плоскости нижних концов свай?
4. Что такое “отказ”, “отдых” свай?
5. Какова последовательность расчета свайных фундаментов?

### 2.5. Фундаменты глубокого заложения из тонкостенных оболочек, буровых опор, опускных колодцев

Условия и особенности работы свай-оболочек, тонкостенных железобетонных оболочек, буровых опор, опуск-

ных колодцев. Свай-оболочки: конструкция, расчет, производство работ [2, с. 330-336].

Буровые опоры большой грузоподъемности, сооружаемые под глинистым раствором колонковым бурением. Конструкция и особенности производства работ. Сборные опускные колодцы. Конструкции и возведение сборных опускных колодцев в тиксотропных рубашках. Общее представление о массивных опускных колодцах [2, с. 325-330; 5, с. 351-356, 366-373].

#### Вопросы для самоконтроля

1. В каких отраслях строительства применяют фундаменты глубокого заложения?
2. Каковы конструктивные особенности фундаментов глубокого заложения?
3. Как осуществляется погружение тонкостенных оболочек и массивных опускных колодцев?

#### **2.6. Методы преобразования строительных свойств оснований**

Замена слабых грунтов в естественных основаниях. Устройство песчаных и гравелистых подушек. Улучшение условий работы грунтов оснований. Устройство шпунтовых ограждений и боковых пригрузок около фундаментов [2, с. 296-307; 4, с. 182-188].

Механические методы улучшения грунтов оснований. Уплотнение грунтов поверхностным трембованием, глубинным уплотнением и песчаными сваями. Уплотнение слабых глинистых грунтов вертикальным дренированием [2, с. 299-307; 4, с. 188-200; 5, с. 298-310].

Методы закрепления слабых грунтов: химический, электрохимический и термохимический. Укрепление грунтов силикатизацией, цементацией, битумизацией, полимерными смолами [2, с. 307-312; 4, с. 200-206; 5, с. 310-319].

#### Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях используются методы искусственного улучшения оснований?

2. Как устраивают и рассчитывают песчаные подушки?
3. Как достигается глубинное уплотнение грунтов основания?
4. От чего зависит выбор способа химического закрепления грунтов основания?

#### **2.7. Фундаменты под машины с динамическими нагрузками. Фундаменты в сейсмических районах**

Влияние динамических воздействий на грунты. Источники динамических воздействий. Классификация машин с динамическими нагрузками периодического и не периодического действия. Основные принципы расчета и проектирования массивных, рамных и свайных фундаментов под машины периодического и не периодического действия [2, с. 371-384; 5, с. 216-229].

Фундаменты в сейсмических районах. Сейсмические воздействия на сооружения. Особенности выбора оснований, основные положения проектирования и конструирования фундаментов в сейсмических районах [2, с. 385-387; 4, с. 223-225].

#### Вопросы для самоконтроля

1. Как влияют динамические нагрузки на грунты основания? От работы каких машин динамические воздействия будут максимальными?
2. В чем особенность расчета фундаментов под машины с динамическими нагрузками?

#### **2.8. Усиление оснований и фундаментов при ремонте и реконструкции зданий и сооружений**

Причины, вызывающие необходимость усиления фундаментов и оснований. (Изменение напряженно-деформированного состояния основания и прочности фундаментов; увеличение нагрузок на основания; изменение механических свойств грунтов основания).

Различные методы улучшения оснований и фундаментов: замена фундаментов, увеличение кладки фундамента, изме-

нение условий передачи давления на грунт, увеличение прочности грунта в основании закреплением, способы уменьшения вибрации фундаментов. Устройство фундаментов под оборудование внутри действующих предприятий.

Основы техники безопасности при реконструкции фундаментов и усиления оснований [2, с. 387-397; 5, с. 411-415].

#### Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях возникает необходимость усиления фундаментов и оснований?
2. Как осуществляется повышение прочности и уширение фундаментов?

### **2.9. Особенности производства работ при возведении фундаментов**

Проектирование котлованов. Обеспечение устойчивости стенок котлованов (естественные откосы, крепления, шпунтовые стенки). Предохранение котлованов от подтопления грунтовыми водами (водопонижение, противодиффузионные завесы). Подготовка оснований под фундаменты. Освидетельствование и прием котлована. Требования техники безопасности и охраны труда при устройстве оснований и возведении фундаментов [2, с. 312-325; 5, с. 416-433].

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие методы водопонижения применяются при устройстве котлованов?
2. Как обеспечить устойчивость стенок котлованов?

### **2.10. Автоматизированное проектирование фундаментов**

Вариантное проектирование. Роль точных знаний и интуиции.

Автоматизация расчетов оснований и фундаментов. Математическая постановка задач. Выбор метод решения. Алгоритмизация решения и разработка программных.

Направление совершенствования систем автоматизации проектирования оснований и фундаментов.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Как выполняется автоматизированный расчет фундамента мелкого заложения
2. Как выполняется автоматизированный расчет несущей способности свай, определения числа свай и их размещения в плане.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ И ПРИМЕРНЫЙ ОБЪЕМ ЧАСОВ**

1. Основные положения. Расчет и конструирование фундаментов по предельным состояниям — 2 ч.
2. Расчет и конструирование фундаментов мелкого заложения в открытых котлованах — 4 ч.
3. Расчет и конструирование свайных фундаментов — 4 ч.
4. Методы расчета осадки фундаментов — 2 ч.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ**

1. Методы строительства фундаментов на структурно-неустойчивых грунтах (просадочных, вечномерзлых, набухающих).
2. Методы искусственного улучшения оснований.
3. Фундаменты под машины с динамическими нагрузками и в сейсмических районах.
4. Фундаменты глубокого заложения из тонкостенных оболочек, буровых опор и опускных колодцев.
5. Усиление оснований и фундаментов при ремонте и реконструкции зданий и сооружений.
6. Особенности производства работ при возведении фундаментов.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Определение классификационных показателей строительных свойств грунтов строительной площадки — 3 ч.

2. Пример расчета размеров фундаментов мелкого заложения на естественном основании с учетом требований СНиП. — 3 ч.

3. Примеры расчета осадки фундаментов методом полойной суммирования — 3 ч.

4. Примеры определения расчетного сопротивления висячей сваи и конструирования свайного фундамента — 3 ч.

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

“Расчет и конструирование фундаментов промышленного (гражданского) здания”.

В курсовом проекте студенты оценивают грунты строительной площадки с позиции возможности устройства фундамента. Выполняют расчет и конструирование двух вариантов фундаментов: на естественном основании в открытом котловане и свайного фундамента. Выполняют выбор основного варианта на основе технико-экономического сравнения.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 30-35 стр. и чертежа формата А-1.

## ЛИТЕРАТУРА

Для самостоятельного освоения дисциплины «Основания и фундаменты» студент-заочник во время установочной сессии должен получать в комплекте следующие методические разработки.

Задание и методические указания на выполнение курсового проекта

1. К у б е ц к и й В. Л. Рабочая программа и задание на курсовой проект с методическими указаниями по дисциплине “Основания и фундаменты”. — М.: РГОТУПС – 2003.

Основная литература для изучения дисциплины

2. Д а л м а т о в Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. — Л.: 1988.

3. Д а л м а т о в Б.И., М о р а р е с к у л Н.Н., Н а у м е н к о В.Г. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. Уч. пос. — М.: Высшая школа 1986.

4. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений. Уч. пос./ Под. ред. Б.И. Далматова изд. АСВ М. — С.-П. 1999.

5. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения./ Под. ред. Е.А.Сорочана и Ю.Г.Трофименкова. — М.: 1985.

6. В е с е л о в В. А. Проектирование оснований и фундаментов. Уч. пос. — М.: 1990.

7. СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений. — М.: 1996.

8. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. — М.: 1996.

## Дополнительная литература

9. У х о в С. Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Изд. АСВ, 1994, 2002.

10. Л а п ш и н Ф. К. Основания и фундаменты в дипломном проектировании. Изд. Саратовского Университета. — Саратов, 1986.

11. Основания и фундаменты транспортных сооружений. /Под ред. Г.П. Соловьева. — М.: Изд. Транспорт, 1996.

12. Ш в е ц о в Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Высшая школа 1997.

13. Б е р л и н о в М. В. Основания и фундаменты. — М.: Высшая школа 1998.

14. СНиП 2.01.07.-85. Нагрузки и воздействия. — М.: – 1986.

15. СНиП II-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. — М.: – 1987.

16. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. — М.: – 1982.

17. СНиП 2.01.05.-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. — М.: – 1998.

18. СНиП 2.02.04.-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. — М.: – 1990.

19. СНиП 23-01-99. Строительная климатология и геофизика. — М.: – 1999.

20. СНиП 2.03.01.-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. — М.: — 1989.
21. Основания и фундаменты. Справочник строителя. /Под. Ред. М.И. Смородинова. — М.: Стройиздат. 1983.
22. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1986.
23. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов. — М.: Стройиздат, 1986.

### ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основные типы фундаментов. Техничко-экономические факторы, определяющие выбор типа фундамента.
2. Конструкции фундаментов мелкого заложения.
3. Определение глубины заложения фундаментов.
4. Определение основных размеров жестких фундаментов при действии центральной и внецентренной нагрузке.
5. Определение размеров подошвы фундамента при наличии подвала.
6. Расчет осадок оснований методом послойного суммирования.
7. Расчет крена сооружения.
8. Основные положения проектирования гибких фундаментов. Метод местных и метод общих деформаций.
9. Виды конструкций и классификация свай по работе в грунте. Типы свайных фундаментов.
10. Различные методы определения расчетного сопротивления одиночной висячей сваи по грунту: практический метод (СНиП), по данным пробной забивки (динамический метод), при испытаниях статической нагрузкой.
11. Проектирование центрально и внецентренно нагруженных свайных фундаментов с низким ростверком. Расчет и конструирование свайных ростверков.
12. Расчёт свайных фундаментов по предельным состояниям.

13. Условия и особенности работы свай-оболочек, тонкостенных железобетонных оболочек, буровых опор, опускных колодцев.
14. Сваи-оболочки. Массивные опускные колодцы.
15. Устройство песчаных и гравелистых подушек.
16. Механические методы улучшения грунтов оснований.
17. Методы закрепления слабых грунтов; химический, электрохимический и термический.
18. Фундаменты под машины с динамическими нагрузками.
19. Фундаменты в сейсмических районах.
20. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах.
21. Фундаменты на вечномёрзлых грунтах.
22. Усиление оснований и фундаментов при ремонте и реконструкции зданий и сооружений.
23. Особенности производства работ по возведению фундаментов.
24. Методы водопонижения при устройстве фундаментов.

### ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

#### Физические характеристики грунтов

- $\rho$  — плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;
- $\rho_d$  — плотность грунта в сухом состоянии (скелета грунта), т/м<sup>3</sup>;
- $\rho_s$  — плотность частиц грунта, т/м<sup>3</sup>;
- $\gamma$  — удельный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_d$  — удельный вес грунта в сухом состоянии, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_s$  — удельный вес частиц грунта, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_{sb}$  — удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_w$  — удельный вес воды, равный 10 кН/м<sup>3</sup>;
- w — влажность грунта природная, в долях единицы;
- w<sub>p</sub> — влажность на границе раскатывания;
- w<sub>L</sub> — влажность на границе текучести;
- Физические характеристики грунтов определяют опытным путем в лабораторных условиях.



### Классификационные показатели грунтов

- $e$  — коэффициент пористости грунта;
- $S_r$  — степень влажности грунта;
- $I_p$  — число пластичности грунта;
- $I_L$  — показатель текучести грунта;

Классификационные показатели определяют по расчетным формулам на основе физических характеристик грунтов.

### Показатели деформируемости грунтов при сжатии

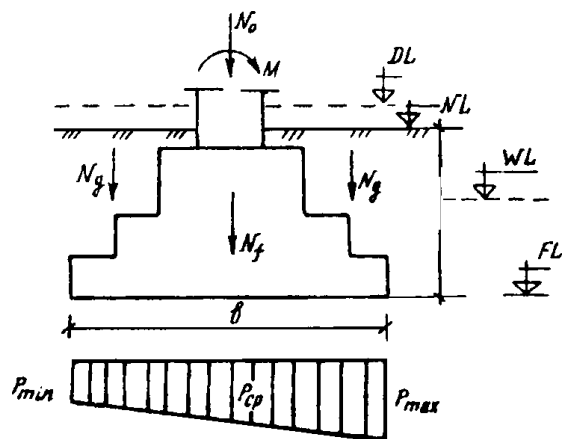
- $m_v$  — относительный коэффициент сжимаемости грунта,  $\text{МПа}^{-1}$ ;
- $m_0$  — коэффициент сжимаемости грунта,  $\text{МПа}^{-1}$ ;
- $E$  — модуль деформации,  $\text{МПа}$ ;
- $\nu_0$  — коэффициент относительных поперечных деформаций (коэффициент Пуассона)

### Показатели прочности грунтов

- $\varphi$  — угол внутреннего трения, град;
- $C$  — удельное сцепление,  $\text{кПа}$ .

Показатели деформируемости и прочности грунтов определяются опытным путем в лабораторных или полевых условиях.

Условные обозначения при расчетах оснований и фундаментов



- $DL$  — отметка планировки;
- $NL$  — отметка поверхности природного рельефа;
- $WL$  — уровень подземных вод;
- $h$  — высота, толщина слоя грунта, м;
- $d$  — глубина заложения подошвы фундамента;
- $d_f$  — расчетная глубина сезонного промерзания грунта, м;
- $d_w$  — глубина расположения уровня подземных вод, м;
- $A$  — площадь подошвы фундамента;
- $b$  — ширина подошвы фундамента;
- $l$  — длина подошвы фундамента (при расчетах ленточных фундаментов принимается  $l = 1$  п.м.);
- $H_c$  — глубина сжимаемой толщи от подошвы фундамента до нижней границы сжимаемой толщи (В.С.), м;
- $R$  — расчетное сопротивление грунта основания,  $\text{кПа}$ ;
- $S$  — осадка основания,  $\text{см}$ ;
- $S_u$  — предельное значение деформации (осадки) основания,  $\text{см}$ .
- $N_0$  — внешняя расчетная нагрузка, действующая на обрез фундамента,  $\text{кН}$ ;
- $N_f$  — расчетная нагрузка от веса фундамента,  $\text{кН}$ ;
- $N_g$  — расчетная нагрузка от веса грунта над уступами фундамента,  $\text{кН}$ ;
- $M$  — момент от сочетания расчетных нагрузок,  $\text{кНм}$ ;
- $P_{cp}(P_m)$  — среднее давление под подошвой фундамента от нагрузок для расчета основания по деформациям,  $\text{кПа}$ ;
- $P_{\max(\min)}$  — максимальное и минимальное давление под краем фундамента,  $\text{кПа}$ .

В курсовом проекте все расчеты выполняются в размерности международной системы единиц (СИ). Ниже дан перевод механической системы единиц (МК ГСС) в систему СИ.

1. Сила, нагрузка, вес — Н:  
 $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н}$ .  
 $1 \text{ тс} = 9,81 \cdot 10^3 \text{ Н} \approx 10 \text{ кН} = 0,01 \text{ МН}$ .
2. Давление (напряжение) — Па:  
 $1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ тс/м}^2 \approx 100 \text{ кПа} (10 \text{ кН/м}^2) = 0,1 \text{ МПа}$ .
3. Удельный вес:  
 $1 \text{ тс/м}^3 \approx 10 \text{ кН/м}^3 = 0,01 \text{ МН/м}^3$ .

Образец оформления титульного листа  
пояснительной записки курсового проекта

**МПС РОССИИ**  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Факультет «Транспортные сооружения и здания»  
Кафедра «Здания и сооружения на транспорте»  
Специальность «Промышленное и гражданское строительство»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
**по дисциплине «Основания и фундаменты»**

Тема: «Расчет и конструирование фундаментов промышленного  
(гражданского) здания»

Выполнил студент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(шифр студента, город)

\_\_\_\_\_  
(курс, группа)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(ученое звание, ученая степень)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

к защите \_\_\_\_\_  
(дата, подпись преподавателя)

М о с к в а            г.

### 3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Требуется запроектировать фундаменты здания: на естественном основании и свайные. Тип здания выбирается по предпоследней цифре шифра студента в соответствии с разделом «Исходные данные». Необходимые схемы, разрезы, сечения студенты приводят на листах миллиметровки, ватмана или обычной бумаги непосредственно в пояснительной записке. Основные чертежи представляются на отдельном листе стандартного формата.

#### 3.1. Исходные данные

Номер геологического разреза выбирается из табл. 3.1 по последней цифре шифра студента. В табл. 3.1 приведены нормативные характеристики грунтов. Остальные данные принимаются по табл. 3.2 по предпоследней цифре шифра. Схемы зданий приведены на рисунках 3.1–3.5.

Студенты рассчитывают и конструируют два фундамента наружной и внутренней стен в двух вариантах (на естественном основании и свайный). Остальные фундаменты здания принимают конструктивно на основе предварительного определения их площадей и других прикидочных расчетов. В табл. 3.2 заданы нагрузки  $N_n$  и моменты  $M_n$  в уровне обреза фундамента.

#### 3.2. Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки с чертежами. В пояснительной записке приводятся все необходимые обоснования технических решений и расчеты, выполненные в соответствии с заданием, а также эскизы, расчетные схемы с необходимыми размерами и привязками. Расчеты приводятся с минимальными текстовыми пояснениями или в табличной форме.

Записка объемом 30–35 с. должна содержать следующие разделы:

1. Исходные данные для проектирования.
2. Анализ инженерно-геологических условий и определение расчетных характеристик грунтов.

## Физико-механические свойства грунтов оснований

| 1                                      | 2              | 3   | 4     | 5     | 6  | 7    | 8    | 9    | 10 | 11   | 12   | 13 | 14 |
|--|----------------|-----|-------|-------|--|------|------|------|----|------|------|----|----|
|  |                |     |       |       |  |      |      |      |    |      |      |    |    |
| Отметка поверхности природного рельефа |                |     |       |       |  |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 108,2                                  |                |     |       |       |  |      |      |      |    |      |      |    |    |
| Разрез № 1                             |                |     |       |       |  |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 1                                      | 0,3            | 0,3 | 107,9 | 107,7 | Супесь со строительным мусором             | 14,2 | 20,2 | 0,24 | 7  | 0,25 | 0,19 | 22 | 5  |
| 2                                      | 3,7            | 3,4 | 104,5 |       | Супесь пылеватая с растительными остатками |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 3                                      | 5,2            | 1,5 | 103,0 |       | Суглинок с включениями гравия и гальки     | 19,0 | 27,0 | 0,34 | 12 | 0,38 | 0,26 | 20 | 18 |
| 4                                      | не установлена |     |       |       | Песок крупный                              | 19,8 | 26,4 | 0,25 | 29 | –    | –    | 38 | 0  |

## Продолжение табл.

| 1          | 2              | 3   | 4     | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10 | 11   | 12   | 13 | 14 |
|------------|----------------|-----|-------|------|---|------|------|------|----|------|------|----|----|
| 100,6      |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| Разрез № 2 |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 1          | 0,9            | 0,9 | 99,7  |      | Насыпной грунт-супесь со строительным мусором   | 14,4 |      |      |    |      |      |    | 7  |
| 2          | 3,2            | 2,3 | 97,4  | 99,6 | Супесь  | 19,1 | 26,4 | 0,23 | 6  | 0,24 | 0,19 | 19 |    |
| 3          | 4,9            | 1,7 | 95,7  |      | Суглинок с включениями гравия и гальки          | 19,4 | 27,2 | 0,25 | 12 | 0,29 | 0,16 | 16 | 32 |
| 4          | не установлена |     |       |      | Песок средней крупности                         | 19,9 | 26,5 | 0,24 | 31 | –    | –    | 34 | 2  |
| 104,8      |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| Разрез № 3 |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 1          | 0,5            | 0,5 | 104,3 | 96,2 | Растительный грунт                              | 15,1 |      |      |    |      |      |    |    |
| 2          | 5,6            | 5,1 |       |      | Глина ленточная с прослойками супеси            | 18,7 | 27,1 | 0,37 | 9  | 0,46 | 0,28 | 12 | 32 |
| 3          | не установлена |     |       |      | Суглинок тяжелый пылеватый с включениями гальки | 20,5 | 26,9 | 0,16 | 25 | 0,24 | 0,12 | 24 | 46 |
| 103,6      |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| Разрез № 4 |                |     |       |      |   |      |      |      |    |      |      |    |    |
| 1          | 0,4            | 0,4 | 103,2 | 98,2 | Растительный грунт                              | 14,9 |      |      |    |      |      |    |    |
| 2          | 5,3            | 4,9 | 98,3  |      | Глина ленточная с прослойками супеси            | 20,0 | 26,9 | 0,35 | 14 | 0,46 | 0,27 | 16 | 43 |

Продолжение табл.

| 1          | 2              | 3   | 4     | 5     | 6   | 7                             | 8      | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
|------------|----------------|-----|-------|-------|---|-------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|
| 3          | не установлена |     |       |       | Суглинок тяжелый пылеватый с включениями гальки | 19,0                          | 26,8   | 0,30 | II   | 0,41 | 0,25 | 19   | 20   |
| Разрез № 5 |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 98,2       |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 1          | 0,4            | 0,4 | 97,8  |       | Растительный грунт                              | 14,9                          |        |      |      |      |      |      |      |
| 2          | 4,6            | 4,2 | 93,6  | 93,5  | Песок пылеватый                                 | 19,6                          | 26,8   | 0,18 | 20   | –    | –    | 32   | 4    |
| 3          | 8,0            | 3,4 | 90,2  |       |   | Суглинок с включениями гравия | 19,1   | 26,6 | 0,33 | 13   | 0,41 | 0,27 | 20   |
| 4          | не установлена |     |       |       | Глина легочная                                  | 18,1                          | 27,1   | 0,25 | 18   | 0,46 | 0,27 | 18   | 46   |
| Разрез № 6 |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 103,4      |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 1          | 0,3            | 0,3 | 103,1 | 99,7  | Растительный грунт                              | 14,1                          |        |      |      |      |      |      |      |
| 2          | 3,8            | 3,5 | 99,6  | 99,6  | Песок мелкий                                    | 19,2                          | 26,5   | 0,17 | 32   | –    | –    | 35   | 4    |
| 3          | 6,7            | 2,9 | 96,7  |       |   | Глина                         | 20,0   | 27,6 | 0,28 | 14   | 0,35 | 0,17 | 17   |
| 4          | не установлена |     |       |       | Суглинок пылеватый с линзами песка              | 19,0                          | 26,9   | 0,15 | 22   | 0,24 | 0,12 | 24   | 35   |
| Разрез № 7 |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 101,4      |                |     |       |       |   |                               |        |      |      |      |      |      |      |
| 1          | 0,7            | 0,7 | 100,7 | 100,0 | Насыпной грунт-супесь со строительным мусором   | 14,4                          |        |      |      |      |      |      |      |
| 2          | 6,2            | 5,5 | 95,2  | 95,2  | Суглинок  | 18,2                          | 26,8   | 0,24 | 9    | 0,28 | 0,18 | 17   | 18   |
| 3          | не установлена |     |       |       |   |                               | Супесь | 20,2 | 26,7 | 0,21 | 19   | 0,25 | 0,19 |

Окончание табл.

| 1           | 2              | 3   | 4    | 5    | 6                                       | 7                    | 8                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
|-------------|----------------|-----|------|------|---|----------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Разрез № 8  |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 96,6        |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 1           | 1,8            | 1,8 | 94,8 | 90,5 | Супесь                                  | 17,2                 | 26,7                    | 0,19 | 8    | 0,22 | 0,16 | 18   | 9    |
| 2           | 5,5            | 4,2 | 90,6 | 90,6 | Суглинок                                | 18,5                 | 26,8                    | 0,27 | 10   | 0,36 | 0,22 | 19   | 20   |
| 3           | не установлена |     |      |      |   |                      | Глина слоистая          | 18,4 | 27,3 | 0,31 | 12   | 0,44 | 0,24 |
| Разрез № 9  |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 94,2        |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 1           | 1,1            | 1,1 | 93,1 | 93,0 | Суглинок с гнездами торфа-насыпной слой | 14,8                 |                         |      |      |      |      |      |      |
| 2           | 1,7            | 0,6 | 92,5 |      |   | Ил, насыщенный водой | 17,7                    |      |      |      |      |      |      |
| 3           | 3,5            | 1,8 | 90,7 | 90,7 | Суглинок                                | 18,0                 | 26,8                    | 0,29 | 10   | 0,37 | 0,23 | 19   | 17   |
| 4           | не установлена |     |      |      |   |                      | Песок средней крупности | 20,4 | 26,7 | 0,21 | 42   | –    | –    |
| Разрез № 10 |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 99,3        |                |     |      |      |   |                      |                         |      |      |      |      |      |      |
| 1           | 0,8            | 0,8 | 98,5 | 98,5 | Насыпной грунт                          | 15,4                 |                         |      |      |      |      |      |      |
| 2           | 2,2            | 1,4 | 97,1 |      |   | Суглинок             | 18,2                    | 26,7 | 0,18 | 19   | 0,24 | 0,14 | 23   |
| 3           | 4,9            | 2,7 | 94,4 | 94,4 | Суглинок пылеватый                      | 19,9                 | 27,6                    | 0,29 | 11   | 0,33 | 0,20 | 18   | 19   |
| 4           | не установлена |     |      |      |   |                      | Песок средней крупности | 19,8 | 26,5 | 0,25 | 31   | –    | –    |

Варианты схем зданий, нагрузкам и температурам

| Показатели   | Варианты (Препрессация цифра шифра) |                           |                           |                           |         |         |         |         |                           |                           |         |
|--|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|---------|
|  | 1                                   | 2                         | 3                         | 4                         | 5       | 6       | 7       | 8       | 9                         | 0                         |         |
| Номер схемы здания   | 1                                   |                           |                           |                           |         |         |         |         |                           |                           | 5       |
| Номер оси стены или колонны  | 2-А 2-Б                             | 2-А 2-Б                   | 2-А 2-Б                   | 2-А 2-Б                   | А Б     | А Б     | 1 2     | 1 2     | 2-А 2-Б                   | 2-А 2-Б                   | 2-А 2-Б |
| Нормативная нагрузка $M_4$ от колонны, кН, или от стены, кН/м.                                       | 1550 1800                           | 1200 1400                 | 1150 1350                 | 950 1250                  | 480 600 | 350 500 | 420 550 | 360 450 | 1100 1500                 | 850 1300                  |         |
| Нормативный момент $M_4$ для колонны, кН-м или для стены, кН-м/м                                     | 60 -                                | 50 -                      | 40 -                      | 30 -                      | 30 -    | 25 -    | 20 -    | 15 -    | 80 -                      | 70 -                      |         |
| Сечение колонны или толщина стены, мм  | 400 500<br>x x<br>400 500           | 400 500<br>x x<br>400 500 | 400 500<br>x x<br>400 500 | 300 400<br>x x<br>300 400 | 400 500 | 350 400 | 300 300 | 300 300 | 500 600<br>x x<br>400 400 | 500 500<br>x x<br>400 400 | 500 500 |
| Коэффициент, равный сумме абсолютных значений сред немесечных отрицательных температур за зиму $M_5$ | 34                                  | 46                        | 22                        | 30                        | 34      | 42      | 24      | 38      | 40                        | 26                        |         |
| Среднесуточная температура воздуха в помещении, принимающем к фундаментам $T_{sp}$ , град            | 15                                  | 20                        | 18                        | 16                        | 17      | 16      | 21      | 19      | 22                        | 19                        |         |

3. Проектирование фундаментов на естественном основании.

4. Проектирование свайных фундаментов.

5. Технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов и выбор основного варианта.

6. Указания по производству работ и технике безопасности (для основного варианта).

В записке и на чертежах обязательно должны быть отражены вопросы гидроизоляции фундаментов.

На листе формата А4 должны быть следующие чертежи:

1. План и поперечный разрез здания в М 1:200–1:500.

2. План фундаментов (свайного и на естественном основании) в М 1:100–1:200 с раскладкой и маркировкой блоков при сборных фундаментах.

3. Поперечные вертикальные разрезы фундаментов здания (свайного и на естественном основании), совмещенные с геологическим разрезом, в М 1:100–1:200.

4. Рабочие чертежи конструкций фундаментов с необходимыми деталями (гидроизоляция, отмостка, пол, сопряжение фундамента со стеной, соединение свай с ростверком, осадочные швы и т.п.) в М 1:25–1:50.

5. Схема производства строительных работ для выбранного варианта (план и сечение котлована, конструкции крепления котлована, схема водопонижения и т.д.).

6. Спецификация типовых деталей.

7. Примечания об используемых материалах, подготовке под фундаменты, особенностях производства работ и т.д. В записке должны приводиться все необходимые поясняющие схемы и разрезы (схема фундамента условного массивного фундамента, схема для расчета осадки и др.).

### 3.3. Оформление проекта

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана чернилами на листах бумаги стандартного формата А4 с одной стороны, с полями. Записку необходимо разбить на главы и параграфы. Все заголовки выделить. Страницы, рисунки, таблицы пронумеровать. Все показатели должны иметь размер-

**Схема № 1**  
**Многоэтажное производственное здание с полным железобетонным каркасом**

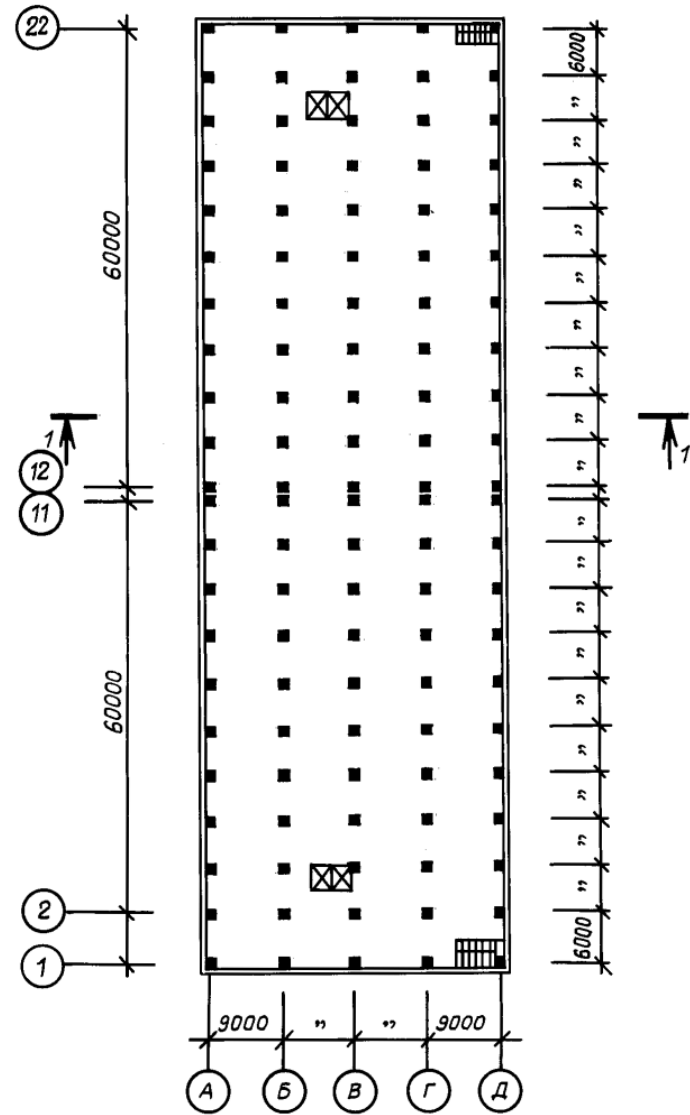
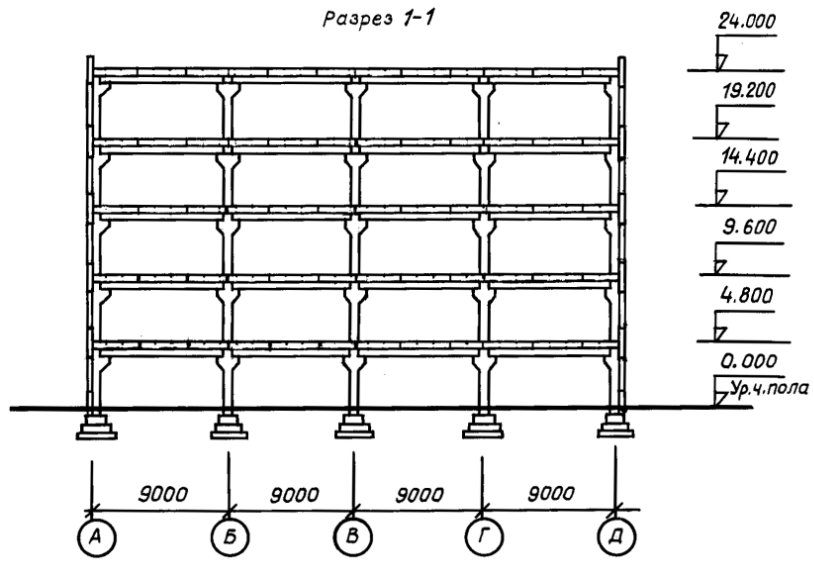


Рис. 3.1

**Схема № 2**  
**Многоэтажное общественное здание с полным железобетонным каркасом (сетка колонн – 6х6 м)**

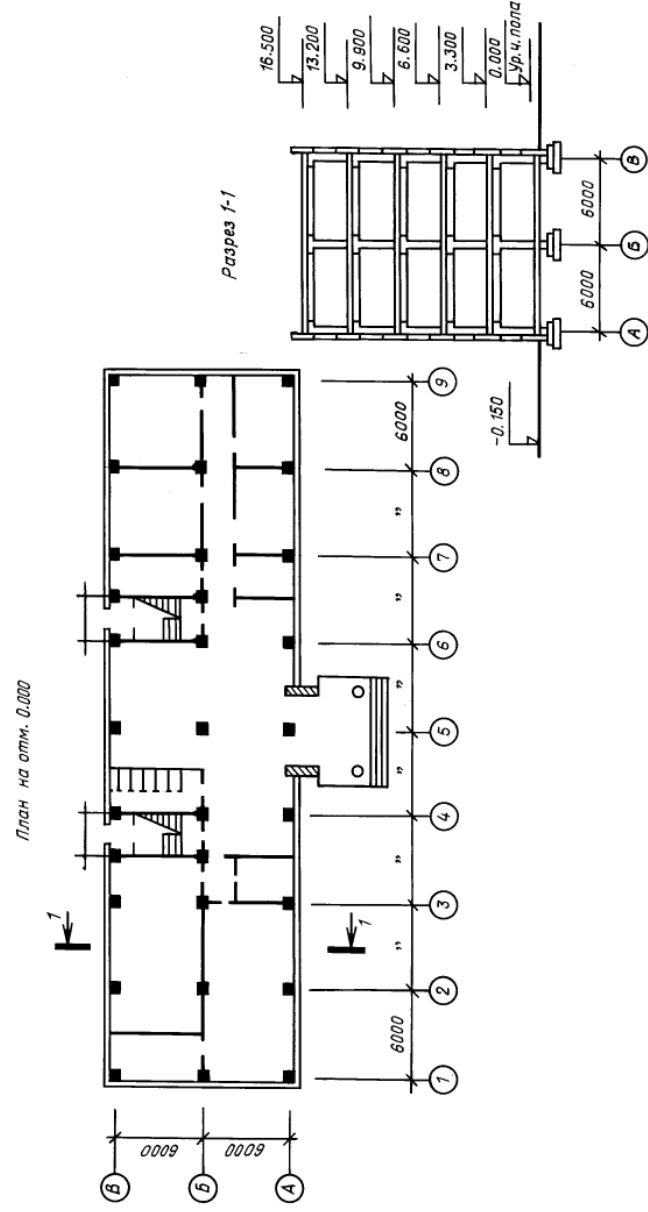


Рис. 3.2

**Схема № 3**  
**9-этажный 6-секционный жилой дом.**  
**Многоэтажное бескаркасное жилое здание с несущими продольными стенами из крупных блоков**

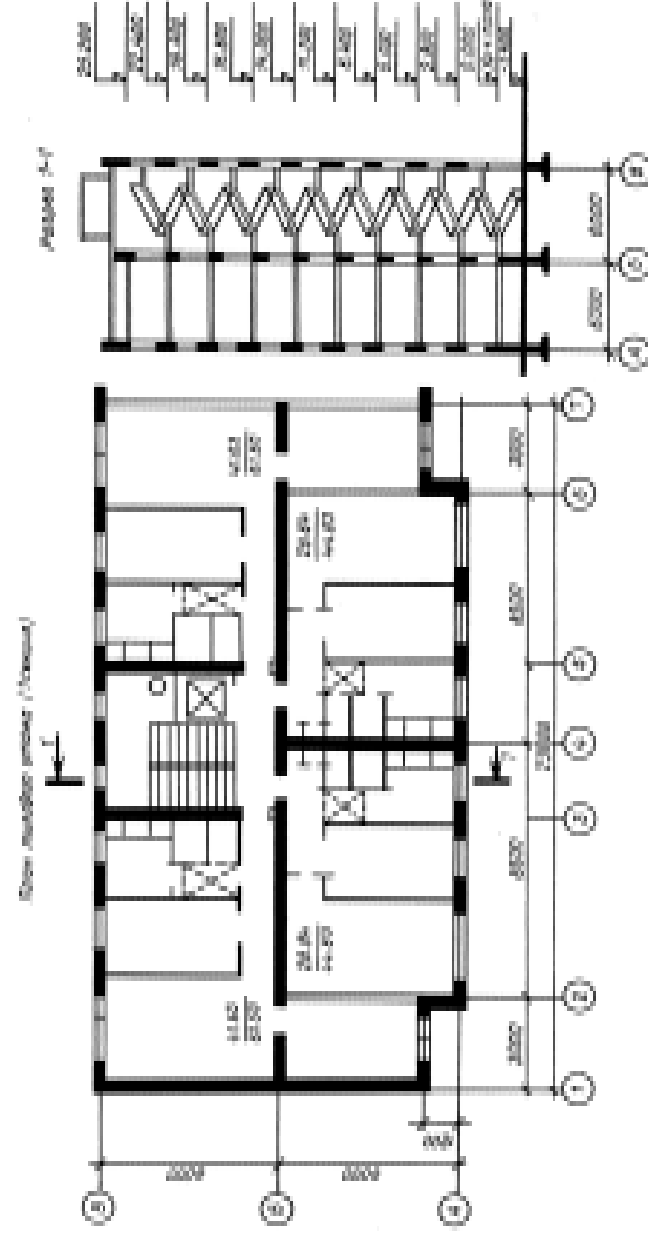


Рис. 3.3

**Схема № 4**  
**Крупнопанельный многоэтажный жилой дом.**  
**Многоэтажное безкаркасное здание с несущими поперечными стенами из крупных панелей**

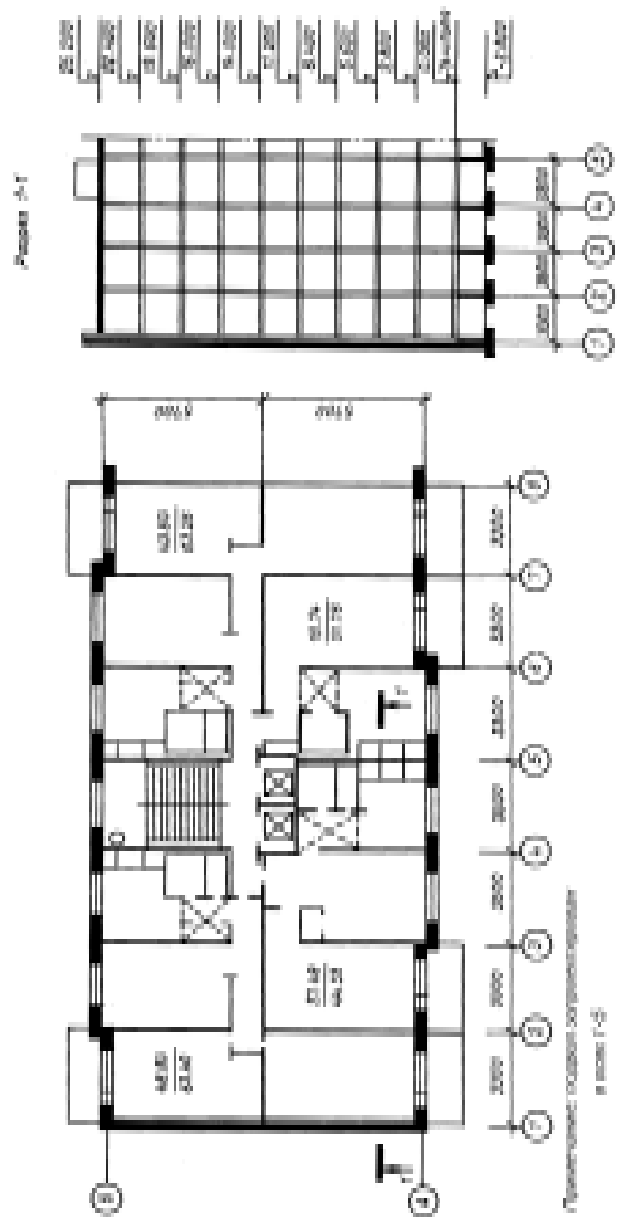


Рис. 3.4

**Схема № 5**  
**Одноэтажное производственное здание**  
**с полным железобетонным каркасом**

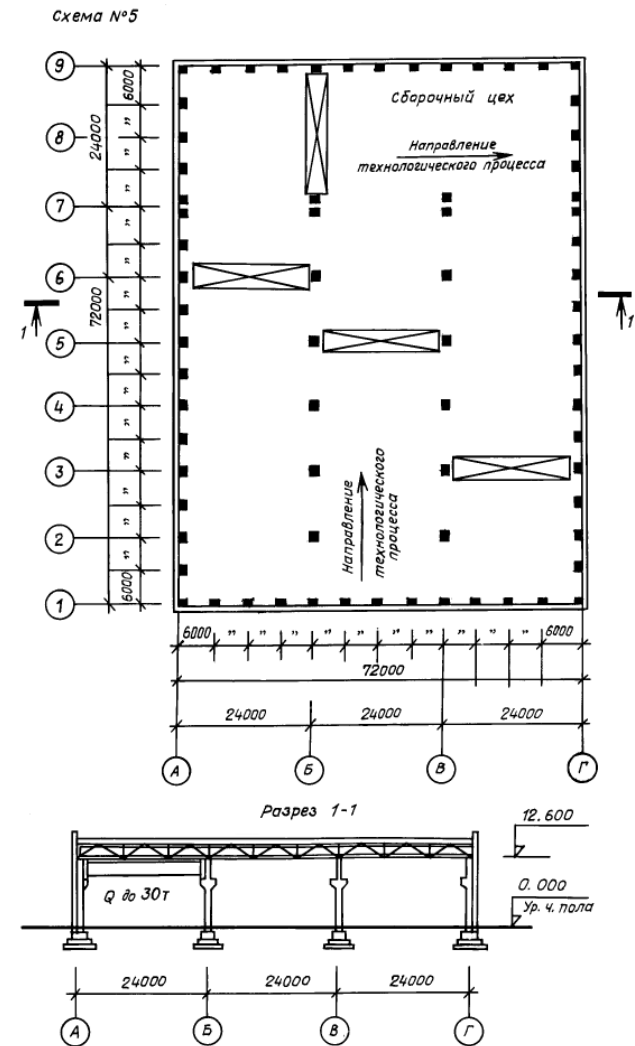


Рис. 3.5



ности. Текст записки должен быть кратким, не допускается переписывание текстов из учебников, пособий и норм проектирования. В начале записки поместить оглавление, в конце — перечень использованной литературы, включая методические указания, по которым выполняется курсовой проект.

На титульном листе должны быть указаны: названия министерства, института, факультета, кафедры, дисциплины, проекта; шифр, фамилия, инициалы, адрес студента и год сдачи курсового проекта (стр. 18).

Чертежи выполняются в карандаше.

Для каждого основного чертежа указывается масштаб. За нулевую отметку принимается отметка пола первого этажа. Обязательна привязка осей фундаментов и осей свайных рядов к осям здания. Каждая свая должна иметь свой порядковый номер. На чертежах свайных фундаментов указываются также вид, количество и параметры свай (сечение, длина свай, несущая способность и соответствующая ей нагрузка, допускаемая на сваю). Характерные границы фундаментов и оснований в разрезе (границы геологических слоев, подошвы ростверка, низа свай и др.) должны иметь абсолютные отметки в м, увязанные с геологическим разрезом. Кроме того, на листе и на схемах в записке должны быть показаны все необходимые высоты и глубины (мощности геологических слоев, высота ростверка, глубина заложения фундамента и т.п.).

Проекты, выполненные не полностью или оформленные небрежно и не в соответствии с изложенными требованиями, к рецензированию приниматься не будут.

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Проектирование оснований и фундаментов зданий является комплексной задачей, в которой должны быть учтены требования, обеспечивающие необходимую их прочность, устойчивость, долговечность. Тип проектируемого фундамента определяется инженерно-геологическими условиями

строительной площадки, в зависимости от которых могут быть предложены различные конструктивные варианты. Правильный выбор основания может быть обеспечен лишь на основе всестороннего изучения геологических и гидрогеологических условий строительной площадки. Цель настоящих указаний — дать практические рекомендации по расчету характеристик грунтов, проектированию различных типов фундаментов и их оснований.

Перед выполнением проекта студенту рекомендуется ознакомиться с соответствующими разделами литературных источников, на которые дается ссылка в настоящих методических указаниях.

##### **4.1. Представление исходных данных**

В записке должны быть приведены исходные данные по нагрузкам, температурам, характеристике здания и др., а также схема здания с необходимыми размерами. В соответствии с принятыми условными обозначениями вычерчивается в масштабе геологическая колонка (рис. 4.1) с указанием номера геологического разреза, абсолютных отметок поверхности грунта, границ слоев, WL. Против каждого слоя указываются наименование грунта, его состояние и значения характеристик (табл. 4.1).

##### **4.2. Анализ инженерно-геологических условий строительной площадки**

На основе данных о грунтах (табл. 3.1) определяются физико-механические свойства грунтов каждого слоя основания и результаты записываются в сводную табл. 4.1, где даны все необходимые для расчета формулы.

Наименование и состояние глинистого грунта определяются по числу пластичности  $I_p$  и показателю текучести  $I_L$  (приложение, табл. 5.3; 5.4).

Наименование и состояние песчаного грунта определяются по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости  $e$  и коэффициенту водонасыщения (степени влажности)  $S_r$  (приложение, табл. 5.1; 5.2). Особое внимание нуж-

Таблица 4.1

Сводная таблица физико-механических свойств грунтов

| Показатели   | Обозначения                       | Номер геологических слоев |     |     |     | Формула для расчета  |
|--|-----------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|--|
|  |                                   | 1-й                       | 2-й | 3-й | 4-й |  |
| 1  | 2                                 | 3                         | 4   | 5   | 6   | 7  |
| Удельный вес твердых частиц грунта   | $\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>    |                           |     |     |     | Из задания   |
| Удельный вес грунта  | $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>      |                           |     |     |     | То же  |
| Влажность грунта   | w, доли единицы                   |                           |     |     |     | То же  |
| Удельный вес скелета грунта  | $\gamma_d$ , кН/м <sup>3</sup>    |                           |     |     |     | $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$                              |
| Коэффициент пористости   | e                                 |                           |     |     |     | $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$                          |
| Удельный вес во взвешенном состоянии,<br>$\gamma_w = 10$ кН/м <sup>3</sup> | $\gamma_{sb}$ , кН/м <sup>3</sup> |                           |     |     |     | $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$              |
| Степень влажности  | $S_r$ , доли единицы              |                           |     |     |     | $S_r = \frac{\gamma_s - \gamma_w \cdot w}{e \cdot \gamma_w}$ |
| Граница раскатывания   | w <sub>p</sub> , доли единицы     |                           |     |     |     | Из задания   |
| Граница текучести  | w <sub>L</sub> , доли единицы     |                           |     |     |     | То же  |
| Число пластичности   | I <sub>p</sub> , доли единицы     |                           |     |     |     | I <sub>p</sub> = w <sub>L</sub> - w <sub>p</sub>             |
| Показатель текучести   | I <sub>L</sub> , доли единицы     |                           |     |     |     | $I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$                                  |
| Модуль деформации  | E, МПа                            |                           |     |     |     | Из задания   |

Окончание табл.

| 1   | 2       | 3 | 4 | 5 | 6 | 6          |
|---|---------|---|---|---|---|------------|
| Угол внутреннего трения                             | φ, град |   |   |   |   | То же      |
| Сцепление   | C, кПа  |   |   |   |   | Из задания |
| Наименование грунтов: песчаных по e, S <sub>r</sub> |         |   |   |   |   |            |
| глинистых по I <sub>p</sub> , I <sub>L</sub>        |         |   |   |   |   |            |

но обратить на слабые грунты: рыхлые пески и глинистые грунты с показателем текучести  $I_L > 1$ . Такие грунты используются как основание под фундаменты после искусственного улучшения их свойств различными методами.

По заданным и вычисленным классификационным показателям грунтов надлежит для каждого слоя грунта определить табличное значение расчетного сопротивления  $R_0$  по табл. 4.2. Это значение  $R_0$  будет в дальнейшем использовано для предварительного назначения размеров подошвы фундаментов.

Для пылевато-глинистых грунтов с промежуточными значениями e, I<sub>L</sub> значение  $R_0$  определяется по интерполяции табличных значений.

Двойную интерполяцию, необходимую для нахождения  $R_0$  для пылевато-глинистых грунтов, рекомендуется выполнять за один прием по формуле:

$$R_0(e; I_L) = [(e_2 - e)(e_2 - e_1)][(1 - I_L)R_0(1; 0) + I_L R_0(1; 1)] + [(e - e_1)(e_2 - e_1)][(1 - I_L)R_0(2; 0) + I_L R_0(2; 1)] \quad (4.1)$$

где e, I<sub>L</sub> — характеристики грунта, для которого определяется  $R_0$ ; e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub> — соседние значения коэффициента пористости, в интервале которых находится коэффициент пористости для рассматриваемого грунта; R<sub>0</sub>(1; 0), R<sub>0</sub>(1; 1) — табличные значения  $R_0$  для e<sub>1</sub> при I<sub>L</sub> = 0 и I<sub>L</sub> = 1 соответственно; R<sub>0</sub>(2; 0), R<sub>0</sub>(2; 1) — то же, для e<sub>2</sub>.

Таблица 4.2

**Расчетные сопротивления грунта основания**

| А. Пески                                     | $R_0$ , кПа, для песков    |                                       |           |
|--|----------------------------|---------------------------------------|-----------|
|  | плотных                    | средней плотности                     |           |
| Крупные, независимо от влажности             | 600                        | 500                                   |           |
| Средней крупности, независимо от влажности   | 500                        | 400                                   |           |
| Мелкие:                                      |                            |                                       |           |
| маловлажные                                  | 400                        | 300                                   |           |
| влажные и насыщенные водой                   | 300                        | 200                                   |           |
| Пылеватые:                                   |                            |                                       |           |
| маловлажные                                  | 300                        | 250                                   |           |
| влажные                                      | 200                        | 150                                   |           |
| насыщенные водой                             | 150                        | 100                                   |           |
| В. Пылевого-глинистые грунты (непросадочные) | Коэффициент пористости $e$ | $R_0$ , кПа, при показателе текучести |           |
|  |                            | $I_L = 0$                             | $I_L = 1$ |
| Супеси                                       | 0,5                        | 300                                   | 300       |
|  | 0,7                        | 250                                   | 200       |
| Суглинки                                     | 0,5                        | 300                                   | 250       |
|  | 0,7                        | 250                                   | 180       |
|  | 1,0                        | 200                                   | 100       |
| Глины  | 0,5                        | 600                                   | 400       |
|  | 0,6                        | 500                                   | 300       |
|  | 0,8                        | 300                                   | 200       |
|  | 1,1                        | 250                                   | 100       |

*Примечание:* Для пылевого-глинистых грунтов  $e$  промежуточными значениями  $e$  и  $I_L$  допускается определять  $R_0$  интерполяцией вначале по  $e$  — для  $I_L = 0$  и  $I_L = 1$ , затем по  $I_L$  между полученными значениями  $R_0$  для  $I_L = 0$  и  $I_L = 1$

После заполнения сводной таблицы строят геологическую колонку (на миллиметровке, вертикальный масштаб 1:100) и эпюру расчетных давлений (рис. 4.1, 4.2). Заключительным этапом является всесторонний анализ каждого слоя грунта с точки зрения использования его в качестве основания соответствующего типа фундамента.

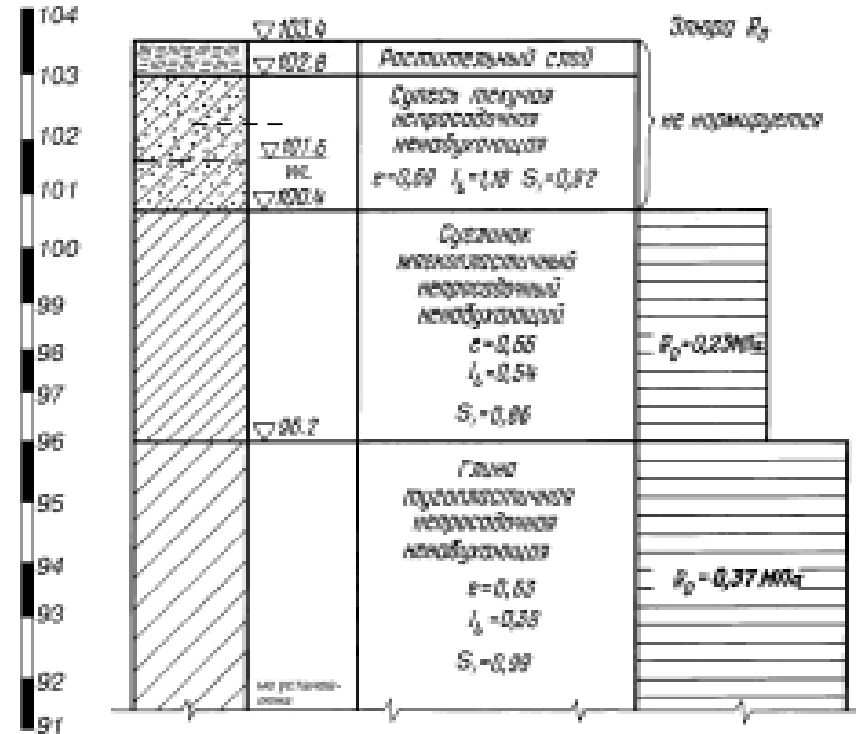


Рис. 4.1

Основные обозначения

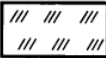


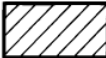

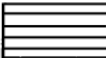

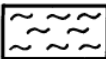

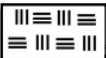

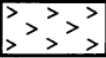
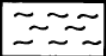
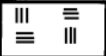
|   |                        |   |                 |
|---|------------------------|---|-----------------|
|  | Растительный грунт     |  | Супесь          |
|  | Песок крупный          |  | Суглинок        |
|  | Песок среднезернистый  |  | Глина           |
|  | Песок мелкий           |  | Ил              |
|  | Песок пылеватый        |  | Торф            |
| Включения в основную породу   |                        |   |                 |
|  | Гравий, галька, щебень |  | Пылеватость     |
|  | Заиленность            |  | Заторфованность |

Рис. 4.2

### 4.3. Определение расчетных нагрузок и расчетных характеристик грунтов

В соответствии со СНиП 2.02.01-83\* [7] основания фундаментов, сложенные нескальными грунтами, рассчитываются по второй группе предельных состояний — по деформациям. В отдельных случаях (предусмотренных СНиП, п. 2.3) производится также расчет по несущей способности.

В курсовом проекте допускается при проектировании фундаментов на естественном основании и свайных фундаментов по II группе предельных состояний принимать:  $N_{II} = N_n$  и  $M_{II} = M_n$ . При расчете свайных фундаментов по I группе предельных состояний принимать: осредненный коэффициент перегрузки  $n = 1,2$ ,  $N_I = 1,2 N_n$ ,  $M_I = 1,2 M_n$ .

Показатели состава и состояния грунтов непрерывно изменяются от точки к точке даже в пределах выделенного инженерно-геологического горизонта. Однако для выполнения расчетов оснований необходимо располагать некоторыми осредненными величинами, которые с необходимой достоверности отражают физико-механические свойства грунтов. В связи с этим введено понятие о нормативных и расчетных величинах различных показателей грунтов.

Нормативные и расчетные значения показателей характеристик грунтов вычисляют на основе статистической обработки результатов непосредственных испытаний по стандартной методике (ГОСТ 20522-96).

Нормативное значение  $X_n$  данной характеристики определяется как среднеарифметическое значение частных непосредственных определений по формуле

$$X_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (4.1)$$

где  $X_i$  — частное значение определяемой характеристики;  
 $n$  — количество определений.

В табл. 3.1 даны нормативные значения характеристик грунтов  $\gamma_s$ ;  $\gamma$ ;  $w$ ;  $w_L$ ;  $w_p$ ;  $c$ ;  $\phi$ ;  $E$  определенные как средние значения по результатам 12 частных определений.

Согласно СНиП\* все расчеты оснований должны выполняться с использованием расчетных значений характеристик грунтов  $X$ , определяемых по формуле

$$X = X_n / \gamma_g, \quad (4.2)$$

где  $\gamma_g$  — коэффициент надежности по грунту,

Для большинства характеристик допускается принимать  $\gamma_g = 1$ , за исключением параметров  $c$  и  $\phi$ , а так же удельного веса грунта  $\gamma$  для которых коэффициент надежности по грунту определяется по формуле

$$\gamma_g = \frac{1}{1 \mp \rho}.$$

Показатель надежности  $\rho$  берется с таким знаком, чтобы при расчете основания и фундамента была обеспечена большая надежность (расчет “в запас”) При вычислении значений  $c$  и  $\phi$  всегда, а расчетных значений  $\gamma$  в большинстве случаев (в том числе и в расчетах данного курсового проекта), показатель надежности принимается со знаком “минус”. Значение его определяется по формулам

$$\text{Для } \gamma: \quad \rho = t_{\alpha} \frac{V}{\sqrt{n}}. \quad (4.3)$$

$$\text{Для } c \text{ и } \phi: \quad \rho = t_{\alpha} \cdot V, \quad (4.4)$$

где  $V$  — коэффициент вариации (относительная изменчивость характеристики);

$n$  — число частных определений (количество опытных данных);

$t_{\alpha}$  — коэффициент, определяемый в зависимости от величины доверительной вероятности  $\alpha$  и числа степеней свободы; которые  $(n-1)$  для  $\gamma$  и  $(n-2)$  для  $c, \phi$ .

Доверительная вероятность, согласно нормам [7] при расчетах оснований фундаментов принимается  $\alpha=0,95$  для расчетов по первой группе предельных состояний (прочности и несущей способности) и  $\alpha=0,85$  для расчетов по второй группе предельных состояний (по деформациям).

Для условий, принятых в курсовом проекте, исходя из того, что число частных определений характеристик  $n = 12$ , а коэффициент вариации на основе статистической обработки результатов опытов получен:

$V = 0,08$ , следует:

а) для расча по I предельному состоянию ( $\alpha = 0,95$ )

при определении  $\gamma$ :  $t_{\alpha}=1,80$ ;  $\rho = \frac{1,80 \cdot 0,08}{\sqrt{12}} = 0,042$ ;

$$\gamma_{gI} = \frac{1}{1-0,042} = 1,04;$$

при определении  $c$  и  $\phi$ :  $t_{\alpha}=1,81$ ;  $\rho = 1,81 \cdot 0,08 = 0,145$ ;

$$\gamma_{gI} = \frac{1}{1-0,145} = 1,17;$$

б) для расчета по II предельному состоянию ( $\alpha=0,85$ )

при определении  $\gamma$ :  $t_{\alpha}=1,095$ ;  $\rho = \frac{1,095 \cdot 0,08}{\sqrt{12}} = 0,025$ ;

$$\gamma_{gII} = \frac{1}{1-0,025} = 1,026;$$

при определении  $c$  и  $\phi$ :  $t_{\alpha} = 1,10$ ;  $\rho = 1,10 \cdot 0,08 = 0,088$ ;

$$\gamma_{gII} = \frac{1}{1-0,088} = 1,096;$$

Таким образом, для определения расчетных значений характеристик, для каждого грунта и для конкретного варианта грунтовых условий необходимо нормативные значения характеристик  $\phi, c$  и  $\gamma$  разделить на соответствующий коэффициент надежности по грунту. Расчетные значения характеристик по первому предельному состоянию маркируются индексом “I”, а по второму — индексом “II”.

$$c_I = c/\gamma_{gI}; \quad c_{II} = c/\gamma_{gII}; \quad \phi_I = \phi/\gamma_{gI}; \quad \phi_{II} = \phi/\gamma_{gII}; \quad \gamma_I = \gamma/\gamma_{gI}; \quad \gamma_{II} = \gamma/\gamma_{gII};$$

Расчетные характеристики грунтов по двум грунтам предельных состояний определяются для всех слоев основания и представляются в табличной форме, приведенной ниже.

Таблица 4.3

| Номер слоя | $c_I$ | $c_{II}$ | $\phi_I$ | $\phi_{II}$ | $\gamma_I$ | $\gamma_{II}$ |
|------------|-------|----------|----------|-------------|------------|---------------|
|            |       |          |          |             |            |               |
|            |       |          |          |             |            |               |

## 2.4. Проектирование фундаментов на естественном основании

### 2.4.1. Определение глубины заложения подошвы фундамента

Глубина заложения фундаментов  $d_1$  должна определяться с учетом:

— назначения и конструктивных особенностей проектируемого сооружения (например, наличие подвалов, подземных коммуникаций и т.д.);

— величины и характера нагрузок, воздействующих на основание;

— глубины заложения фундаментов примыкающих зданий и сооружений;

— инженерно-геологических условий площадки строительства (физико-механических свойств грунтов, характера напластований);

— гидрогеологических условий площадки и возможных их изменений в процессе строительства и эксплуатации сооружения;

— глубины сезонного промерзания грунтов.

Нормативная глубина промерзания грунта, если она менее 2,5 м, определяется по формуле

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (4.5)$$

где  $M_t$  — коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе (принимается по табл. 3.2);

$d_0$  — глубина промерзания в см, зависящая от вида грунта; принимается равной: для суглинков и глин — 23 см; супесей, песков мелких и пылеватых — 28 см; песков гравелистых, крупных и средней крупности — 30 см; крупнообломочных грунтов — 34 см.

Значения  $d_0$  для грунтов неоднородного сложения принимаются как средневзвешенные по глубине в пределах зоны промерзания [7].

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $d_f$  определяется по формуле

$$d_f = K_h d_{fn}, \quad (4.6)$$

где  $K_h$  — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания на глубину промерзания грунта у фундаментов стен и колонн.

Коэффициент  $K_h$  для фундаментов наружных стен и колонн отапливаемых зданий и сооружений принимается по табл. 4.5.

Таблица 4.5

Коэффициент влияния теплового режима зданий

| Конструктивные особенности зданий  | $K_h$ при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к фундаментам наружных стен и колонн, $T_{cp}$ , град |            |
|--|---|------------|
|  | 15  | 20 и более |
| Здания без подвалов с полами, устраиваемыми: на грунте на лагах по грунту по утепленному цокольному перекрытию | 0,6   | 0,5        |
|  | 0,7   | 0,6        |
|  | 0,8   | 0,7        |
| Здания с подвалом или техническим подпольем  | 0,5   | 0,4        |

*Примечание.* В табл. 2.4 указаны значения коэффициента при вылете наружного ребра подошвы фундамента от внешней грани стены до 0,5 м, при вылете 1,5 м и более они повышаются на 0,1, но не более чем до единицы; при промежуточной величине вылета  $K_h$  определяется интерполяцией.

### 4.4.2. Определение размеров подошвы фундамента

Площадь подошвы нагруженного фундамента определяется по формуле

$$A = \frac{N_{on}}{R_0 - \gamma_{cp} d_1}. \quad (4.7)$$

где  $N_{on}$  — расчетная нагрузка, приложенная к обрезу фундамента, кН (табл. 3.2);

$R_0$  — расчетное сопротивление грунта основания, кПа (табл. 4.2);

$\gamma_{cp}$  — средний удельный вес грунта и материала кладки фундамента, кН/м, принимаемый равным 20 кН/м<sup>3</sup>, а при наличии подвала над уступами — 16 кН/м<sup>3</sup>;

$d_1$  — глубина заложения фундамента от планировочной отметки, м.

Для ленточного фундамента под стены  $b \cdot l = A$  для квадратного фундамента  $b = l = \sqrt{A}$ ; для прямоугольного фундамента  $b = \sqrt{\frac{A}{\eta}}$ , где  $\eta$  — коэффициент соотношения сторон;  $\eta = l/b$ ;  $\eta$  может быть принят по соотношению сторон колонны. Полученное значение  $A$  для фундаментов при внецентренной нагрузке должно быть увеличено на 10–20% на восприятие момента сил. Размеры подошвы фундамента следует округлять, чтобы они были кратными 100 мм.

Для ленточного фундамента ширина подошвы фундамента  $b$  принимается с учетом табл. 5.5 приложения.

#### 4.4.3. Определение расчетного сопротивления грунта основания по прочностным характеристикам грунта основания

Расчетное сопротивление грунта основания, кПа, определяют по формуле [7, ф-ла (7)]

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_a k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}]. \quad (4.8)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  — коэффициенты условий работы (табл. 4.6);  
 $k$  — коэффициент надежности по грунту;  $k = 1$ ;  
 $M_\varphi, M_q, M_c$  — коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения  $\varphi$  (табл. 4.7);  $k_z = 1$  при  $b < 10$  м;  
 $b$  — ширина подошвы фундамента, м;  
 $\gamma_{II}$  — осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента на глубину  $0,5b$  (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды  $\gamma_{sb}$ ), кН/м<sup>3</sup>;  
 $\gamma'_{II}$  — то же, залегающих выше подошвы в пределах глубины  $d_1$ ;  
 $c_{II}$  — расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа;  
 $d_1$  — глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле

$$d_1 = h_s + h_{cf} + \gamma_{cf} / \gamma'_{II}, \quad (4.9)$$

$h_s$  — толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;  
 $h_{cf}$  — толщина конструкции пола подвала, м;  
 $\gamma_{cf}$  — расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, кН/м<sup>3</sup>;  
 $d_b$  — глубина подвала — расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом шириной  $b \leq 20$  м и глубиной свыше 2 м  $d_b = 2$  м, при ширине подвала  $b > 20$  м —  $d_b = 0$ ).

Таблица 4.6

Коэффициенты условий работы

| Виды грунтов  | $\gamma_{c1}$ | $\gamma_{c2}$ для сооружений с жесткой конструктивной схемой при $L/H$ , равном |             |
|---|---------------|---|-------------|
|   |               | 4 и более   | 1,5 и менее |
| Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и пески гравелистые, крупные и средней крупности  | 1,4           | 1,2   | 1,4         |
| Пески мелкие  | 1,3           | 1,1   | 1,3         |
| Пески пылеватые:  |               |   |             |
| маловлажные и влажные   | 1,25          | 1,0   | 1,2         |
| насыщенные водой  | 1,1           | 1,0   | 1,2         |
| Пылевато-глинистые грунты и крупнообломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем и при показателе текучести грунта или заполнителя |               |   |             |
| $I_L \leq 0,25$   | 1,25          | 1,0   | 1,1         |
| $0,25 < I_L \leq 0,5$   | 1,20          | 1,0   | 1,1         |
| $I_L > 0,5$   | 1,1           | 1,0   | 1,0         |

Примечание.  $L/H$  является отношением длины сооружения (здания) или его отсека к его высоте. При промежуточных значениях  $L/H$  коэффициент  $\gamma_{c2}$  определяют интерполяцией.

Таблица 4.7

## Коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения

| Ф <sub>II</sub> , град | M <sub>γ</sub> | M <sub>q</sub> | M <sub>c</sub> | Ф <sub>II</sub> , град | M <sub>γ</sub> | M <sub>q</sub> | M <sub>c</sub> |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1                      | 2              | 3              | 4              | 5                      | 6              | 7              | 8              |
| 0                      | 0              | 1,00           | 3,14           | 24                     | 0,72           | 3,87           | 6,45           |
| 2                      | 0,03           | 1,12           | 3,32           | 26                     | 0,84           | 4,37           | 6,90           |
| 4                      | 0,06           | 1,25           | 3,51           | 28                     | 0,98           | 4,93           | 7,40           |
| 6                      | 0,10           | 1,39           | 3,71           | 30                     | 1,15           | 5,59           | 7,95           |
| 6                      | 0,14           | 1,55           | 3,93           | 32                     | 1,34           | 6,34           | 8,55           |
| 10                     | 0,18           | 1,73           | 4,17           | 34                     | 1,55           | 7,22           | 9,22           |
| 12                     | 0,23           | 1,94           | 4,42           | 36                     | 1,81           | 8,24           | 9,97           |
| 14                     | 0,29           | 2,17           | 4,69           | 38                     | 2,11           | 9,44           | 10,80          |
| 16                     | 0,36           | 2,43           | 4,99           | 40                     | 2,46           | 10,85          | 11,73          |
| 18                     | 0,43           | 2,73           | 5,31           | 42                     | 2,88           | 12,51          | 12,79          |
| 20                     | 0,51           | 3,06           | 5,66           | 44                     | 3,38           | 14,50          | 13,98          |
| 22                     | 0,61           | 3,44           | 6,04           | 45                     | 3,66           | 15,64          | 14,64          |

Примечание, Ф<sub>II</sub> — расчетный угол внутреннего трения грунта, залегающего под подошвой фундамента, при расчете по второй группе предельных состояний.

Осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы в пределах глубины  $d_p$ , определяется по формуле

$$\gamma_{II} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}, \quad (4.10)$$

где  $h_i$  — мощность  $i$ -го слоя грунта;  
 $\gamma_i$  — удельный вес  $i$ -го слоя грунта.

После определения расчетного сопротивления грунта  $R$  уточняют размеры подошвы фундамента, подставляя в формулу (4.7) вместо  $R_o$  значение  $R$  и затем проверяют давление под подошвой фундамента (подраздел 4.4.4).

## Графический метод определения размеров подошвы фундамента

Порядок определения предварительных размеров подошвы фундамента графическим методом:

Вначале необходимо задаться минимум тремя размерами площади подошвы  $A_\phi$  столбчатого фундамента под колонну

или минимум тремя размерами ширины  $b$  ленточного фундамента под стену.

Например, для столбчатого фундамента  $A_{\phi 1} = 2$  м;  $A_{\phi 2} = 4$  м;  $A_{\phi 3} = 9$  м, и т.д., а для ленточного:  $b_1 = 1$  м,  $b_2 = 2$  м,  $b_3 = 3$  м и т.д.

Определяется среднее давление под подошвой фундамента для каждого случая по формуле

$$P_{III} = \frac{N_{oII} + N_{\phi II}}{A_{\phi i}} \quad (i=1,2,3,\dots)$$

Величина  $N_{\phi II}$  определяется по формуле (4.13).

Для ленточного фундамента  $A_\phi = b_i \cdot 1$ , так как расчет ведется на 1 погонный метр длины фундамента.

Определенные расчетом значения  $P_{III}$  в зависимости от  $b_i$  или  $A_{\phi i}$  наносятся на график (рис. 4.3 в выбранном масштабе).

Определяются значения  $R$  в зависимости от ширины подошвы фундамента по формуле (4.8). Определенные расчетом значения  $R$  в зависимости от  $b_i$  или  $A_{\phi i}$  наносятся на график (рис. 4.3).

Точка пересечения двух графиков дает требуемое значение размеров подошвы фундамента из условия  $P_{II} = R$ .

При внецентренной нагрузке на фундамент (действие момента) требуемое значение  $A_\phi$  ( $b$  для ленточного фундамента) должно быть увеличено на 10 — 20%.

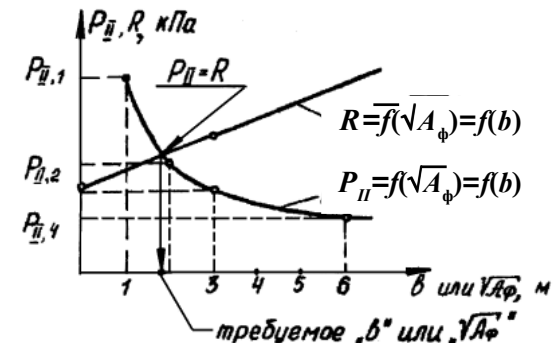


Рис. 4.3. Графическое определение размеров фундамента



#### 4.4.4. Проверка давлений под подошвой фундамента

Для центрально нагруженного фундамента должно удовлетворяться условие

$$P_{II} \leq R ,$$

где  $P_{II}$  — среднее давление по подошве фундамента, кПа;

$$P_{II} = \frac{N_{II}}{A} = \frac{N_{II}}{b\ell} \quad (4.11)$$

$$N_{II} = N_{OII} + N_{\Phi O} + N_{гpII} \quad (4.12)$$

где  $N_{OII}$  — внешняя расчетная нагрузка, действующая на обреш фундамента, кН, (табл. 3.2);

$N_{\Phi O}$  — расчетная нагрузка от веса фундамента, кН;

$N_{гpII}$  — расчетная нагрузка от веса грунта, пола подвала над уступами фундамента, кН.

При расчетах фундамента зданий можно принять

$$N_{\Phi II} = N_{\Phi O} + N_{гpII} = b\ell d_1 \gamma_{cp} . \quad (4.13)$$

где  $\gamma_{cp} = 20$  кН/м<sup>3</sup>

Тогда формула (4.11) примет вид:

$$P_{II} = \frac{N_{OII}}{b\ell} + \gamma_{cp} d_1 . \quad (4.14)$$

При расчете внецентренно нагруженного фундамента методом последовательного приближения добиваются удовлетворения следующих условий:

для среднего давления по подошве  $P_{cp} \leq R$ ;

для максимального краевого давления  $P_{max} \leq 1,2 R$ ;

для минимального краевого давления исходя из условия не допускать отрыва подошвы фундамента от грунта  $P_{min} \geq 0$ .

Краевое давление определяется по формуле

$$P_{\max/\min} = \frac{N_{OII}}{A} + \gamma_{cp} d_1 \pm \frac{M_{II}}{W} , \quad (4.15)$$

где  $M_{II}$  — момент от сочетания расчетных нагрузок, кН·м (табл. 3.2);

$W$  — момент сопротивления  $W = \frac{b^2 \ell}{6}$ .

При рациональном запроектированом фундаменте разница между давлениями под подошвой фундамента  $P$  и расчетным сопротивлением грунта  $R$  не должна превышать 10–15%. В случае большой разницы необходимо подобрать другие типовые элементы конструкций фундамента с последующим расчетом напряжений под подошвой фундамента. При недонапряжении ленточных фундамента возможно проектирование прерывистых фундамента с уже подобранными размерами.

Пример расчета размеров подошвы фундамента приведен в [3; 4; 6].

После выполнения всех условий для центрально и внецентренно нагруженных фундамента производится их конструирование.

При конструировании фундамента под колонну необходимо учитывать, что его высота должна быть кратной 100 мм. Высота ступеней назначается в зависимости от полной высоты плитной части фундамента в соответствии с табл. 4.8. При назначении ширины ступени следует стремиться к тому, чтобы отношение ширины ступени к ее высоте было бы не больше двух.

Зазоры между стенками стакана и колонкой принимаются равными по низу не менее 50 мм (как правило, 50 мм) и по верху не менее 75 мм. Минимальную толщину стенок неармированного стакана поверху следует принимать не менее 0,75 высоты верхней ступени (подколенника) фундамента или 0,75 глубины стакана, но не менее 200 мм. В фундаментах с армированной стаканной частью толщина стенок стакана определяется расчетом, но должна быть не менее 150 мм.

Глубина заделки колонны должна быть не менее величины большей стороны колонны плюс 50 мм для обеспечения возможности рихтовки колонны.

Толщину дна стакана следует принимать по расчету на раскалывание и продавливание, но не менее 200 мм.

В качестве примера на рис. 4.5 дана конструктивная схема фундамента, имеющего размеры в плане 2500 x 3000 мм, под колонну 400 x 600 мм.

Таблица 4.8

Высота ступеней  $h$ , см

| Высота плитной части фундамента, см | $h_1$ | $h_2$ | $h_3$ |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| 30                                  | 30    | —     | —     |
| 45                                  | 45    | —     | —     |
| 60                                  | 30    | 30    | —     |
| 75                                  | 30    | 45    | —     |
| 90                                  | 30    | 30    | 30    |
| 105                                 | 30    | 30    | 45    |
| 120                                 | 30    | 45    | 45    |
| 150                                 | 45    | 45    | 60    |

При конструировании сборных ленточных фундаментов под стены необходимо использовать типовые плиты железобетонные (прил., табл. 5.5) и стеновые бетонные блоки (прил., табл. 5.6). Схема ленточного фундамента показана на рис. 4.4.

#### 4.4.5. Расчет осадки фундамента

Метод послойного суммирования рекомендуется СНиПом [7] для расчета осадок фундаментов шириной менее 10 м. Величина осадки фундамента определяется по формуле

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi} h_i}{E_i}. \quad (4.16)$$

где  $\beta$  — безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zpi}$  — среднее вертикальное (дополнительное) напряжение в  $i$ -м слое грунта;

$h_i$  и  $E_i$  — соответственно толщина и модуль деформации  $i$ -го слоя грунта (табл. 4.1);

$n$  — число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Графическое оформление расчета осадки показано на рис. 4.6, где обозначено:  $NL$  — отметка поверхности природного рельефа;  $FL$  — отметка подошвы фундамента;  $WL$  — отметка уровня подземных вод;  $BC$  — отметка нижней границы сжимаемой толщи;  $\sigma_{zg}$  — вертикальное (природ-

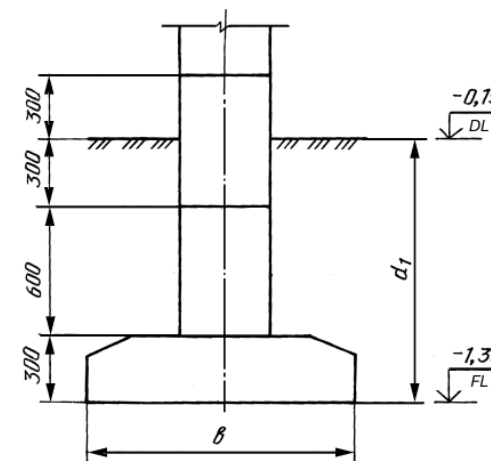


Рис. 4.4

ное) напряжение от собственного веса грунта на глубине  $z$  от подошвы фундамента, кПа;  $\sigma_{zp}$  — вертикальные дополнительные напряжения от внешней нагрузки на глубине  $z$  от подошвы фундамента, кПа;  $H_c$  — глубина сжимаемой толщи.

Основная операция при расчете осадки заключается в построении эпюр  $\sigma_{zg}$ ,  $\sigma_{zp}$  до отметки  $BC$ .

Строится эпюра распределения вертикальных напряжений от собственного веса грунта в пределах глубины  $(4+6)b$  ниже подошвы фундамента. Вертикальные напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  на границе слоя, расположенного на глубине  $z$ , определяются по формуле

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i, \quad (4.17)$$

где  $\gamma_i$  — удельный вес грунта  $i$ -го слоя;

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя грунта.

Удельный вес грунтов, залегающих ниже уровня подземных ( $WL$ ), но выше водоупора, должен определяться с учетом взвешивающего действия воды  $\gamma_{sb}$  (табл. 4.1).

Водоупорами следует считать глины и суглинки твердой и полутвердой консистенции при  $I_L < 0,5$ .

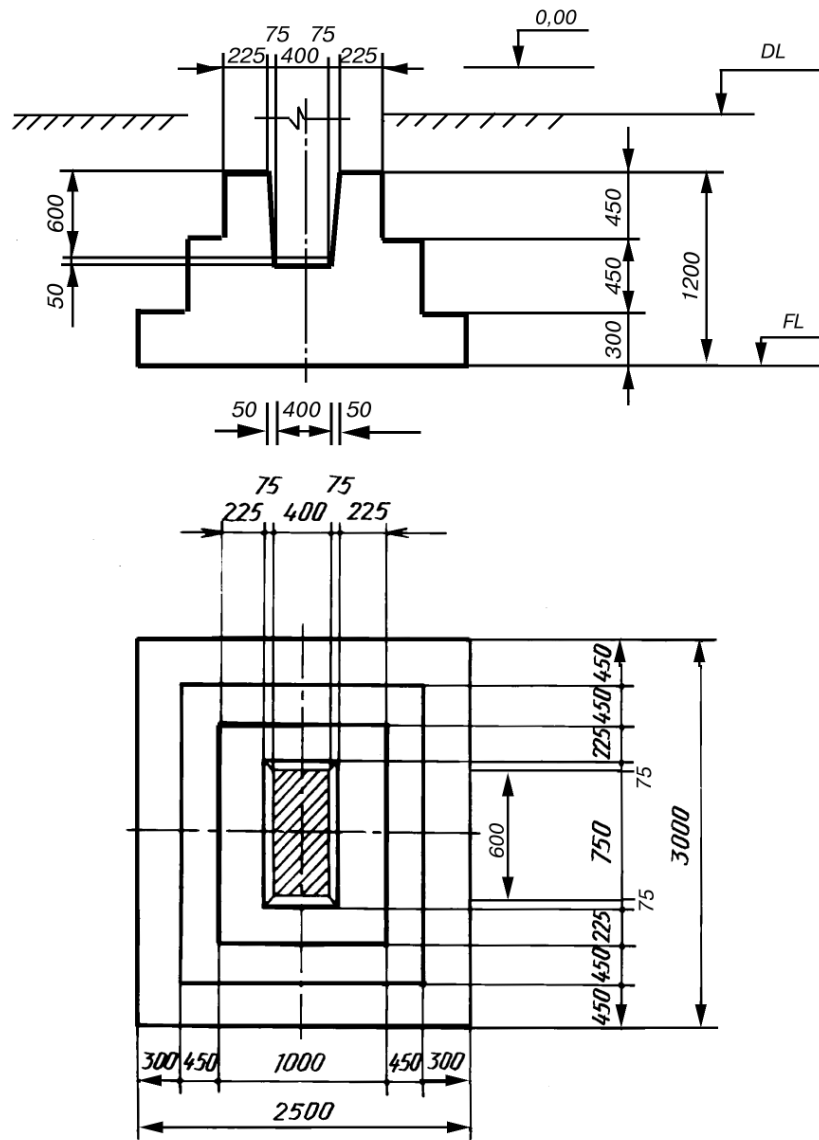


Рис. 4.5

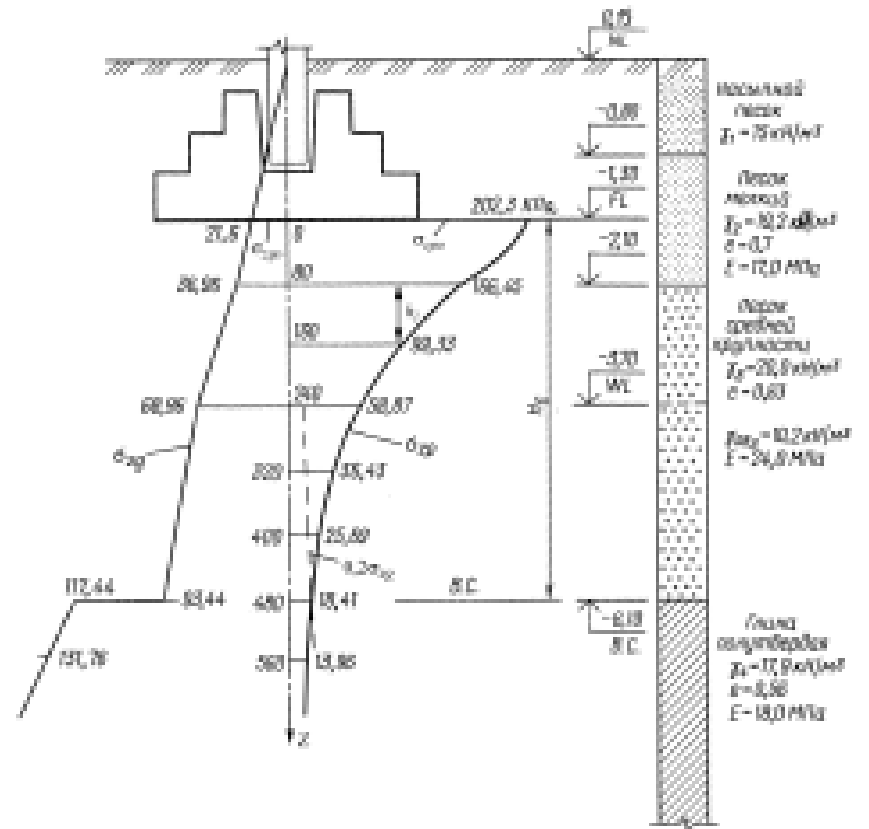


Рис. 4.6

В водоупоре напряжение от собственного веса грунта в любом горизонтальном сечении определяют без учета взвешивающего действия воды.

Далее определяют дополнительное (к природному) вертикальное напряжение в грунте под подошвой фундамента по формуле

$$\sigma_{zpo} = P_{II} - \sigma_{zgo} \quad (4.18)$$

где  $P_{II}$  — среднее давление (фактическое) на уровне подошвы фундамента (формула 4,14);

$\sigma_{zgo}$  — вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента.

Толщу грунта мощностью (4÷6)  $b$  ниже подошвы фундамента разбивают на слои  $h_p$  толщиной не более  $0,4 b$ . Эти слои показывают на рис. 4.6.

Затем строят эпюру распределения дополнительных вертикальных напряжений в грунте по формуле

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot \sigma_{zpo} \quad (4.19)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, принимаемый по табл. 4.9 в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента  $\eta = \frac{\ell}{b}$  и относительной глубины равной  $\zeta = \frac{2z}{b}$ .

Вычисления  $\sigma_{zg}$  и  $\sigma_{zp}$  для любых горизонтальных сечений производят в табличной форме (табл. 4.10).

По полученным данным  $\sigma_{zg}$  и  $\sigma_{zp}$  строят эпюры. Определяют нижнюю границу сжимаемой толщи (BC). Она находится на горизонтальной плоскости, где соблюдается условие:  $\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zg}$ .

Если найденная нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации  $E < 5,0$  МПа или такой слой залегает непосредственно ниже BC, то нижняя граница определяется из условия

$$\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zg}$$

Границу BC можно получить графически, построив справа эпюру  $0,2 \sigma_{zg}$ . В точке пересечения с эпюрой  $\sigma_{zp}$  получим границу BC. Определяется осадка каждого слоя основания по формуле (4.16).

Осадка основания фундамента получается суммированием величины осадки каждого слоя. Она не должна превышать предельно допустимой осадки сооружений, определяемой по [прил. 4, СНИП 2.02.01-83\*].

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \leq \overline{S}_u$$

В курсовом проекте допускается принять: для отдельно стоящих фундаментов под колонны  $\overline{S}_u = 8$  см, для ленточных фундаментов под стены  $\overline{S}_u = 10$  см.

Таблица 4.9

Коэффициент  $\alpha$

| $\zeta = \frac{2z}{b}$ | Прямоугольные фундаменты с отношением сторон $\eta = \ell/b$ |       |       |       |       |       |       |       |       |           |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|                        | 1  | 1,2   | 1,4   | 1,6   | 1,8   | 2     | 2,4   | 3,2   | 5     | $\geq 10$ |
| 1                      | 2  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | II        |
| 0,0                    | 1,000  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000     |
| 0,4                    | 0,960  | 0,968 | 0,972 | 0,974 | 0,975 | 0,976 | 0,976 | 0,977 | 0,977 | 0,977     |
| 0,8                    | 0,800  | 0,830 | 0,848 | 0,859 | 0,866 | 0,870 | 0,876 | 0,879 | 0,881 | 0,881     |
| 1,2                    | 0,606  | 0,652 | 0,682 | 0,703 | 0,717 | 0,727 | 0,740 | 0,749 | 0,754 | 0,755     |
| 1,6                    | 0,449  | 0,496 | 0,532 | 0,558 | 0,578 | 0,593 | 0,612 | 0,630 | 0,639 | 0,642     |
| 2,0                    | 0,336  | 0,379 | 0,414 | 0,441 | 0,463 | 0,481 | 0,505 | 0,529 | 0,545 | 0,550     |
| 2,4                    | 0,257  | 0,294 | 0,325 | 0,352 | 0,374 | 0,392 | 0,419 | 0,449 | 0,470 | 0,477     |
| 2,8                    | 0,201  | 0,232 | 0,260 | 0,284 | 0,304 | 0,321 | 0,350 | 0,383 | 0,410 | 0,420     |
| 3,2                    | 0,160  | 0,187 | 0,210 | 0,232 | 0,251 | 0,267 | 0,294 | 0,329 | 0,360 | 0,374     |
| 3,6                    | 0,130  | 0,153 | 0,173 | 0,192 | 0,209 | 0,224 | 0,250 | 0,285 | 0,320 | 0,337     |
| 4,0                    | 0,108  | 0,127 | 0,145 | 0,161 | 0,176 | 0,190 | 0,214 | 0,248 | 0,285 | 0,306     |
| 4,4                    | 0,091  | 0,107 | 0,122 | 0,127 | 0,160 | 0,163 | 0,185 | 0,218 | 0,256 | 0,280     |
| 4,8                    | 0,077  | 0,092 | 0,105 | 0,118 | 0,130 | 0,141 | 0,161 | 0,192 | 0,230 | 0,258     |
| 5,2                    | 0,066  | 0,079 | 0,091 | 0,102 | 0,112 | 0,123 | 0,141 | 0,170 | 0,208 | 0,239     |
| 5,6                    | 0,058  | 0,069 | 0,079 | 0,089 | 0,099 | 0,108 | 0,124 | 0,152 | 0,189 | 0,223     |

|     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
| 6,0 | 0,051 | 0,060 | 0,070 | 0,078 | 0,007 | 0,095 | 0,110 | 0,136 | 0,172 | 0,208 |
| 6,4 | 0,045 | 0,053 | 0,062 | 0,070 | 0,077 | 0,085 | 0,098 | 0,122 | 0,158 | 0,196 |
| 6,8 | 0,040 | 0,048 | 0,055 | 0,062 | 0,069 | 0,076 | 0,088 | 0,110 | 0,144 | 0,184 |
| 7,2 | 0,036 | 0,042 | 0,049 | 0,056 | 0,062 | 0,068 | 0,080 | 0,100 | 0,133 | 0,175 |
| 7,6 | 0,032 | 0,038 | 0,044 | 0,050 | 0,056 | 0,062 | 0,072 | 0,091 | 0,123 | 0,166 |
| 8,0 | 0,029 | 0,035 | 0,040 | 0,046 | 0,051 | 0,056 | 0,066 | 0,084 | 0,113 | 0,158 |
| 8,4 | 0,026 | 0,032 | 0,037 | 0,042 | 0,046 | 0,051 | 0,060 | 0,077 | 0,105 | 0,150 |
| 8,8 | 0,024 | 0,029 | 0,034 | 0,038 | 0,042 | 0,047 | 0,055 | 0,070 | 0,098 | 0,144 |
| 9,2 | 0,022 | 0,026 | 0,031 | 0,035 | 0,039 | 0,043 | 0,051 | 0,065 | 0,091 | 0,137 |
| 9,6 | 0,020 | 0,024 | 0,028 | 0,032 | 0,036 | 0,040 | 0,047 | 0,060 | 0,085 | 0,132 |
| 10  | 0,019 | 0,022 | 0,026 | 0,030 | 0,033 | 0,037 | 0,044 | 0,056 | 0,079 | 0,126 |
| 11  | 0,017 | 0,020 | 0,023 | 0,027 | 0,029 | 0,033 | 0,040 | 0,050 | 0,071 | 0,114 |
| 12  | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,024 | 0,026 | 0,028 | 0,034 | 0,044 | 0,060 | 0,104 |

Таблица 4.10

Расчет осадки основания фундамента

|                       |  |                       |  |   |                                    |                      |  |   |                                      |                        |
|-----------------------|--|-----------------------|--|---|------------------------------------|----------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------|
| 1                     | 2  | 3                     | 4  | 5   | 6                                  | 7                    | 8  | 9   | 10                                   | 11                     |
| Номер расчетного слоя | Глубина подошвы расчетного слоя от подошвы фундамента $z$ , см | Толщина слоя $h$ , см | Расчетный удельный вес грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Природное давление $\sigma_{zp}$ на глубине $z$ , кПа | Коэффициент $\xi = \frac{2z-1}{b}$ | Коэффициент $\alpha$ | Дополнительное давление $\sigma_{zp}$ на глубине $z$ , кПа | Среднее дополнительное давление в слое $\sigma_{zps}$ , кПа | Модуль деформации грунта $E_s$ , кПа | Осадка слоя $S_s$ , см |

#### 4.4.6. Проверка прочности слабого подстилающего слоя основания

Если в пределах сжимаемой толщи основания, определенной в предыдущем пункте, залегает слой грунта, расчетное сопротивление  $R_0$  которого меньше, чем  $R_0$  у несущего слоя грунта, находящегося непосредственно под подошвой фундамента, принятые размеры подошвы фундамента должны быть дополнительно проверены по условию

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (2.17)$$

- где  $\sigma_{zp}$  — дополнительное напряжение на глубине  $z$  от подошвы фундамента (на уровне кровли слабого подстилающего слоя, кПа);  
 $\sigma_{zg}$  — вертикальное напряжение от собственного веса на той же глубине  $z$ , кПа;  
 $R_z$  — расчетное сопротивление слабого грунта на глубине  $z$ , кПа, определяемое по формуле (4.8) для условного фундамента шириной  $b_z$  (рис. 4.7),

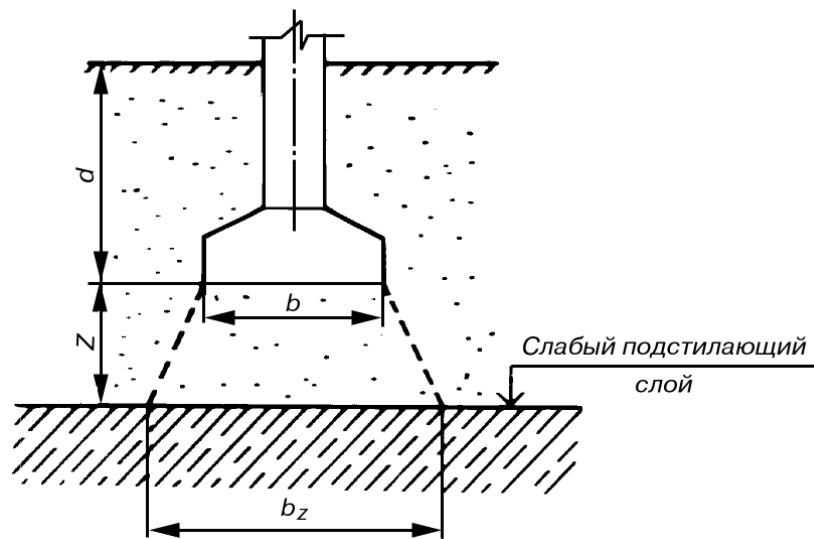


Рис. 4.7. Схема проверки прочности слабого подстилающего слоя грунта в основании

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a. \quad (4.21)$$

где  $A_z = \frac{N_{II}}{\sigma_{zp}}$ ;  $a = (\ell - b)$ ,

здесь  $N_{II}$  — вертикальная нагрузка, передаваемая фундаментом на основание;

$\ell$  и  $b$  — соответственно длина и ширина проектируемого фундамента, м.

Для квадратного фундамента ширину  $b_z$  условно определяют по формуле

$$b_z = \sqrt{A_z} \quad (4.22)$$

Для ленточных фундаментов  $b_z$  определяется по формуле

$$b_z = \frac{N_{II}}{\sigma_{zp}} \quad (4.23)$$

Дополнительное напряжение  $\sigma_{zp}$  и напряжение от собственного веса грунта  $\sigma_{zq}$  можно взять непосредственно из расчета осадки, выполненного в п. 4.4.5.

#### 4.5. Проектирование свайного фундамента

Проектирование свайных фундаментов производится в соответствии с требованиями СНиП 2.02.03-85 [8].

Свайный фундамент состоит из свай и ростверка. Свайные фундаменты применяются при слабых грунтах или вследствие технико-экономических преимуществ (быстрота производства работ, экономичность и другие). Для промышленного и гражданского строительства выбираются, в основном, свайные фундаменты с низким ростверком.

*Свайей* называется стержень, погруженный в готовом виде в грунт или изготовленный непосредственно в скважине в грунтовом массиве. Свая передает нагрузку на основание как нижним торцом, так и трением, возникающим по ее боковой поверхности при перемещении.

Верхняя часть сваи называется *головой*.

*Ростверком* называется балка или плита, объединяющая группу свай в единый фундамент. Ростверк служит для распределения нагрузки, передаваемой сооружением на сваи.

Расчет свайных фундаментов производится по двум группам предельных состояний. По первой группе — расчет несущей способности свай и проверка прочности свай и ростверков. По второй группе — расчет по деформациям свайных фундаментов.

##### 4.5.1. Выбор типа, длины и сечения свай

Тип свай, их длина, размер поперечного сечения назначаются исходя из конкретных инженерно-геологических условий строительной площадки. При выполнении курсового проекта рекомендуется выбирать типовые забивные железобетонные сваи по справочникам, специальному альбому, имеющемуся на кафедре, или согласно табл. 5.7 приложения.

В практике жилищного и промышленного строительства наиболее часто применяются сваи с сечением 25 x 25 и 30 x 30 см. При назначении длины свай следует иметь в виду, что почти всегда экономически целесообразен фундамент с меньшим числом более длинных свай, чем фундамент с большим числом коротких свай.

Длина сваи определяется глубиной залегания несущего слоя грунта и отметкой заложения подошвы ростверка. Нижний конец сваи рекомендуется заглублять в несущий слой грунта на 1÷1,5 м. (Рис. 4.8).

##### 4.5.2. Предварительное определение глубины заложения и толщины плиты ростверка

При назначении глубины заложения подошвы свайного ростверка необходимо учитывать вид и состояние грунтов строительной площадки, положение уровня грунтовых вод, конструктивные особенности сооружения (например, наличие подвала и т.д.).

Глубина заложения свайного ростверка в непучинистых грунтах назначается независимо от глубины промерзания

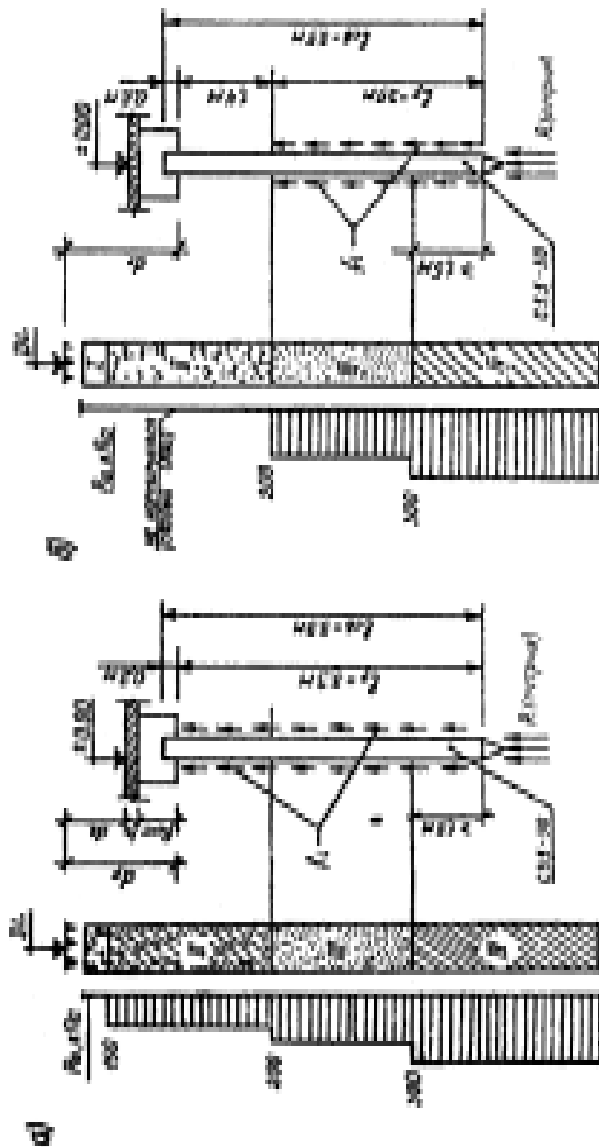


Рис. 4.8. Схемы к определению рабочей длины свай

(не менее 0,5 м от поверхности планировки), в пучинистых грунтах — ниже расчетной глубины промерзания не менее чем на 0,25 м.

В промышленных и гражданских зданиях обрез ростверка принимается на 15...20 см ниже уровня отметки пола. Толщина ростверка должна быть не менее 40 см. Окончательная его толщина определяется проверочным расчетом на изгиб или на продавливание головами свай. Величина заделки головы железобетонной сваи в ростверк составляет:

а) при отсутствии горизонтальных нагрузок на фундамент — не менее 5...10 см. При этом заделка выпусков арматуры в ростверк необязательна;

б) при наличии горизонтальных нагрузок на фундамент не менее поперечного сечения сваи или на 5...10 см с обязательным выпуском в ростверк арматуры периодического профиля на длину 25 ее диаметров.

#### 4.5.3. Определение расчетного сопротивления свай (Расчет свайного фундамента по I группе предельных состояний)

Расчетное сопротивление сваи (допустимая нагрузка на сваю) определяется по прочности материала и прочности грунта. Для дальнейших расчетов принимается меньшее полученное как правило, значение. Расчета висячих свай по материалу, как правило не требуется, так как его результат обычно больше, чем по грунту [5].

Расчетное сопротивление висячей сваи по грунту определяем по формуле

$$F = \frac{\gamma_c}{\gamma_k} (\gamma_{CR} R A + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (4.24)$$

- где  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы сваи;  $\gamma_c = 1$ ;  
 $\gamma_k$  — коэффициент надежности по грунту,  $\gamma_k = 1,4$ ;  
 $R$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (табл. 4.10);  
 $A$  — площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>  
 $u$  — наружный периметр сваи, м;

- $f_i$  — расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи, кПа, (табл. 4.11);
- $h_i$  — толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;
- $\gamma_{CR}, \gamma_{cf}$  — коэффициенты условий работы под нижним концом и по боковой поверхности сваи, зависящие от способа погружения свай (для свай, погружаемых забивкой  $\gamma_{CR} = \gamma_{cf} = 1$ ).

В качестве примера на рис. 4.9 дана расчетная схема для определения расчетного сопротивления сваи.

Таблица 4.10

**Расчетные сопротивления  $R$**

| Глубина погружения нижнего конца сваи от поверхности, $Z_0$ | Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, не заполняемых бетоном, $R$ , кПа |                     |      |                     |                     |           |      |
|---|--|---------------------|------|---------------------|---------------------|-----------|------|
|   | песчаных грунтов средней плотности   |                     |      |                     |                     |           |      |
|   | гравелистых  | крупных             | -    | средней крупности   | мелких              | пылеватых | -    |
|   | пылеватоглинистых грунтов при показателе текучести $I_L$ равном  |                     |      |                     |                     |           |      |
|   | 0  | 0,1                 | 0,2  | 0,3                 | 0,4                 | 0,5       | 0,6  |
| 3   | 7500   | <u>6600</u><br>4000 | 3000 | <u>3100</u><br>2000 | <u>2000</u><br>1200 | 1100      | 600  |
| 4   | 8300   | <u>6800</u><br>5100 | 3800 | <u>3200</u><br>2500 | <u>2100</u><br>1600 | 1250      | 700  |
| 5   | 8800   | <u>7000</u><br>6200 | 4000 | <u>3400</u><br>2800 | <u>2200</u><br>2000 | 1300      | 800  |
| 7   | 9700   | <u>7300</u><br>6900 | 4300 | <u>3700</u><br>3300 | <u>2400</u><br>2200 | 1400      | 850  |
| 10  | 10500  | <u>7700</u><br>7300 | 5000 | <u>4000</u><br>3500 | <u>2600</u><br>2400 | 1500      | 900  |
| 15  | 11700  | <u>8200</u><br>7500 | 5600 | <u>4400</u><br>4000 | <u>2900</u><br>2400 | 1650      | 1000 |

*Примечания.* 1. В случаях, когда значения  $R$  указаны дробью, числитель относится к пескам, знаменатель — к пылеватоглинистым грунтам.

2. Для плотных песков значения  $R$  увеличивается на 60%, но не более, чем до  $R=20$  МПа.

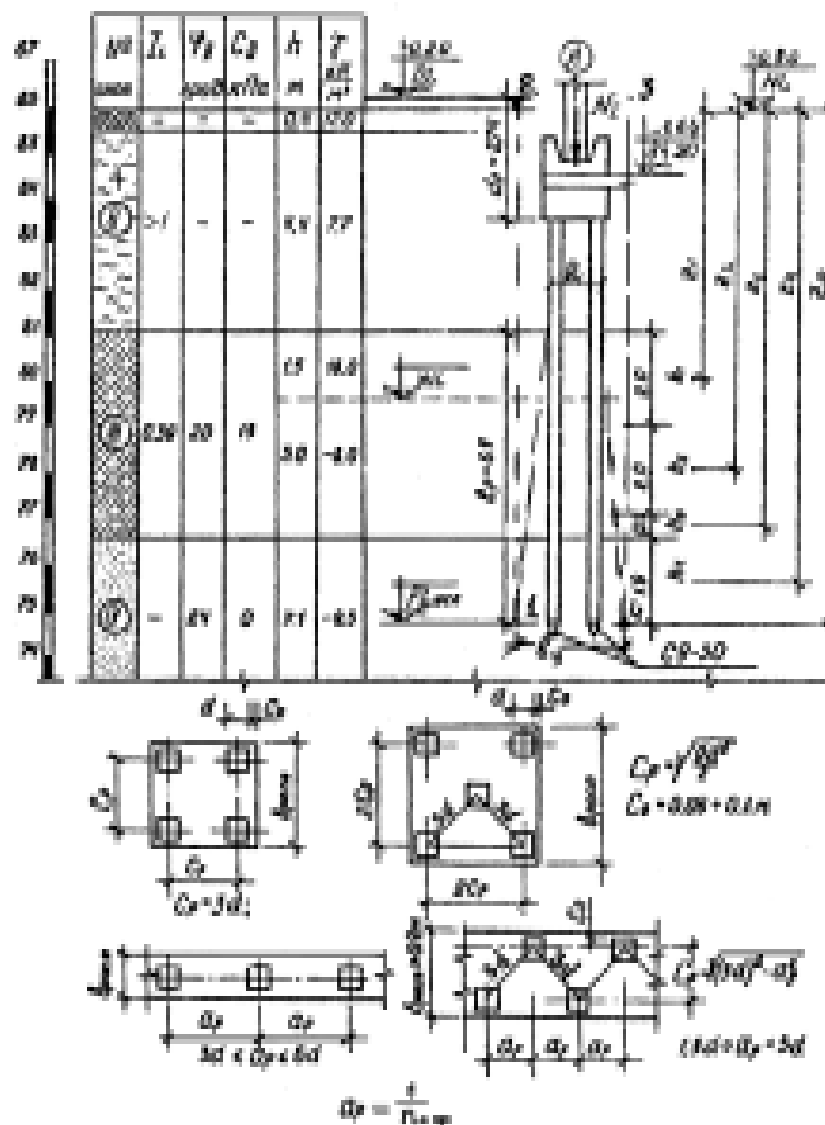


Рис. 4.9. Схема к определению размеров свайного фундамента. Примеры размещения свай в плане



Острые сваи заводят в несущий слой: в пески средней крупности и крупные, средней плотности и плотные; глинистые грунты при  $I_L \leq 0,5$ . Слои грунта, прорезаемые сваями, делят на полосы толщиной не более 2 м. Так, например, третий слой делят на три части: верхнюю — толщиной по 2 м и нижней — 0,5 м. Вычисляют средние глубины  $z_i$  для каждого слоя, т.е. расстояния от поверхности грунта до середины полосок.

По табл. 4.11 определяют  $f_i$  в зависимости от величины  $z_i$  и характеристик грунтов:

$$\left. \begin{array}{l} z_1 \rightarrow f_1 \\ z_2 \rightarrow f_2 \\ z_3 \rightarrow f_3 \\ z_4 \rightarrow f_4 \\ z_5 \rightarrow f_5 \end{array} \right\} \sum f_i \cdot h_i$$

Таблица 4.11

**Расчетные сопротивления  $f$**

| Глубина от поверхности до середины расчетного слоя $z_i$ , м | Расчетные сопротивления по боковой поверхности свай и свай-оболочек $f_i$ , кПа |        |           |     |     |     |     |     |     |
|--|---|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | песчаных грунтов средней плотности  |        |           |     |     |     |     |     |     |
|  | крупных и средней крупности   | мелких | пылеватых | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
|  | пылевато-глинистых грунтов при показателе консистенции $I_L$ , равном           |        |           |     |     |     |     |     |     |
|  | 0,2   | 0,3    | 0,4       | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 1  | 35  | 23     | 15        | 12  | 8   | 4   | 4   | 3   | 2   |
| 2  | 42  | 30     | 21        | 17  | 12  | 7   | 5   | 4   | 4   |
| 3  | 48  | 35     | 25        | 20  | 14  | 8   | 7   | 6   | 5   |
| 4  | 53  | 38     | 27        | 22  | 16  | 9   | 8   | 7   | 5   |
| 5  | 56  | 40     | 29        | 24  | 17  | 10  | 8   | 7   | 6   |
| 6  | 58  | 42     | 31        | 25  | 18  | 10  | 8   | 7   | 6   |
| 8  | 62  | 44     | 33        | 26  | 19  | 10  | 8   | 7   | 6   |
| 10   | 65  | 46     | 34        | 27  | 19  | 10  | 8   | 7   | 6   |
| 15   | 72  | 51     | 38        | 28  | 20  | 11  | 8   | 7   | 6   |

По табл. 4.10 определяют  $R$ , в зависимости от  $z_0$  и характеристик грунта. Полученные значения подставляют в формулу (4.24) и вычисляют  $F$ . Определяют количество свай

$$n = \frac{\Sigma N_1}{F} \cdot \eta. \quad (4.25)$$

где  $\Sigma N_1$  — сумма внешних расчетных вертикальных нагрузок, приведенных к подошве плиты ростверка;

$\eta$  — коэффициент, учитывающий работу свай при наличии момента внешних сил в уровне подошвы ростверка и принимаемый равным 1,1...1,2.

Если на фундамент действует только осевая сжимающая нагрузка, то  $\eta=1$ .

Полученное количество округляют до целого числа свай в кусте, удобного для размещения и забивки —  $n_{c.ф.}$

При необходимости изменяют количество свай, принимая их других размеров, что ведет к увеличению или уменьшению  $F$ .

После определения числа свай производят размещение их в плите рядами или в шахматном порядке. Размещая сваи по площади ростверка, необходимо стремиться к сокращению его размеров до конструктивного минимума. Это достигается правильным выбором порядка размещения и установлением минимальных (не менее  $3d$ ;  $d$  — поперечный размер свай) расстояний между осями свай. Под ленточными ростверками (фундаменты под стены) сваи рекомендуется располагать в один или два ряда (рис. 4.9).

При определении размеров ростверка расстояние от оси крайнего ряда свай до края плиты принимают равным не менее  $0,7 d$ .

После размещения свай и конструирования ростверка (рис. 4.10) находят фактический вес ростверка и грунта на его уступах  $N_{\phi}$ , определяют фактическое давление на каждую сваю  $P_{\phi}$ .

Для центрально нагруженного свайного фундамента проверяют условие

$$P_{\phi} = (N_I + N_{\phi l})/n_{c.ф.} \leq F. \quad (4.26)$$

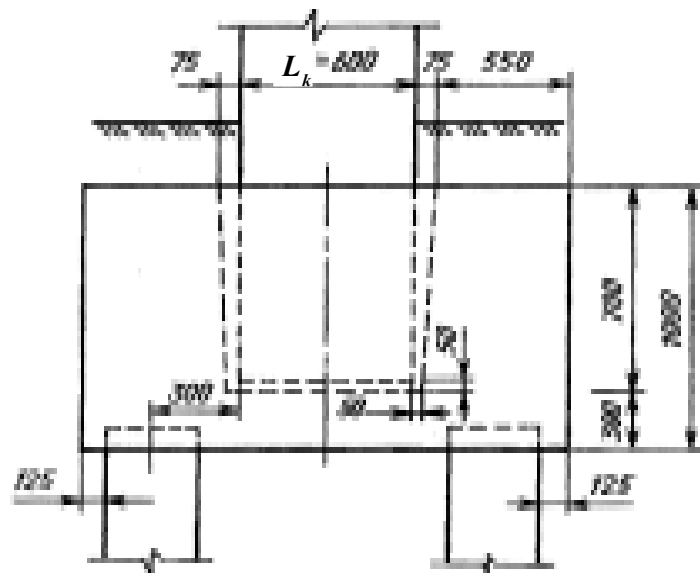


Рис. 4.10

Для внецентренно нагруженного свайного фундамента

$$P_{\phi} = \frac{N_I + N_{\phi 1}}{n_{с.ф.}} \pm \frac{M_I \cdot y}{\sum y_i^2} \leq F \quad (4.27)$$

где  $y$  — расстояние от центра тяжести свайного поля до ряда свай, в котором определяется давление на сваю, м;  
 $y_i$  — расстояние отдельного ряда свай относительно центра свайного поля.

При этом расчетная нагрузка на одну сваю не должна отклоняться от ее несущей способности  $F$  более чем на 10–15%.

Если условие проверки выполняется, то расчет несущей способности свайного фундамента считается законченным. В противном случае необходимо изменить длину свай или их число в фундаменте и повторить расчет.

#### 4.5.4. Проверка давления в основании свайного фундамента как условно-массивного

(Расчет свайного фундамента по II группе предельных состояний)

При расчете осадок свайный фундамент принимают условно как массивный с подошвой, расположенной на уровне концов свай (рис. 4.9). Перед определением осадки проверяют прочность основания фундамента в уровне острия свай.

Положение граней 1; 2 и 3; 4 условного массивного фундамента определяют используя средневзвешенное значение расчетного угла внутреннего трения  $\varphi_{ср}$ .

$$\varphi_{ср} = \frac{\varphi_1 h_1 + \varphi_2 h_2 + \dots + \varphi_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \quad (4.28)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$  — расчетные значения углов внутреннего трения грунта в пределах соответствующих участков свай  $h_1, h_2, \dots, h_n$ ;

$$\alpha = \frac{\varphi_{ср}}{4} \quad (\text{рис. 4.9})$$

$$b' = \ell_{\text{раб.}} \cdot \text{tg} \alpha.$$

Определяют ширину  $b_y$ , длину  $\ell_y$  и площадь  $A_y$  условного фундамента 1, 2, 3, 4.

Например, согласно рис. 4.9,

$$b_y = 2b' + b_1$$

Расчетом проверяют условие

$$P_{II} = \Sigma N_{II} / A_y \leq R, \quad (4.29)$$

где  $\Sigma N_{II}$  — сумма расчетных нагрузок (по деформациям) в плоскости подошвы свайного фундамента, кН;

$A_y$  — площадь подошвы условного массива, м;

$R$  — расчетное сопротивление грунта основания условного фундамента в уровне острия сваи, кПа (см. формулу (4.8) при  $d_1=z_0$ ;  $b=b_y$ ).

$$\Sigma N_{II} = N_{OII} + N_{ФII} + N_{УII}; \quad (4.30)$$

$N_{УII}$  — вес условного фундамента в объеме свайно-грунтового массива 1; 2; 3; 4. Приближение  $N_{УII} = \gamma_{cp} \cdot Z_0 + A_y$ .

#### 4.5.5. Расчет свайного фундамента по деформациям

Расчет осадок свайных фундамента и их оснований производится следующими методами:

1. Методом послойного суммирования (метод СНиП 2.02.01-83\*).

2. Методом, рекомендованным [8] для расчета ленточных свайных фундамента.

Студент, в зависимости от наличия в его распоряжении литературы, может выполнять расчеты любым методом.

Комплексный пример расчета свайного фундамента дан в учебном пособии [6, с. 172–177].

#### 4.6. Техничко-экономическое сравнение вариантов фундамента и выбор основного варианта

Расчет стоимости возведения фундамента рекомендуется производить на основе сборников единых районных единичных расценок применительно к району проживания студен-

та. При отсутствии таковых можно пользоваться приведенными в приложении (табл. 5.8) укрупненными расценками [3].

Определение стоимости фундамента по каждому варианту целесообразно вести в табличной форме.

#### 4.7. Указания по производству работ и технике безопасности (для основного варианта)

В курсовом проекте должны быть рассмотрены следующие вопросы: устройство траншей и котлованов под фундамента с разработкой систем креплений (в необходимых случаях); системы водопонижения и водоотлива; производство земляных работ; выбор сваебойного оборудования и расчет отказа сваи; организация работ по устройству монолитных или сборных фундамента; техника безопасности.

Указания по производству работ и технике безопасности должны быть подкреплены в необходимых случаях цифрами, сравнениями, эскизами, расчетами и ссылками на литературу.

## 5. ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 5.1

### Подразделение песчаных грунтов по плотности сложения (Гост 25100-95)

| Песок                             | Грунт                      |                        |            |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|------------|
|                                   | плотный                    | средней плотности      | рыхлый     |
| Гравелистый,<br>средней крупности | По коэффициенту пористости |                        |            |
|                                   | $e < 0,55$                 | $0,55 \leq e \leq 0,7$ | $e > 0,7$  |
|                                   | $e < 0,6$                  | $0,6 \leq e \leq 0,75$ | $e > 0,75$ |
| Пылеватый                         | $e < 0,6$                  | $0,6 \leq e \leq 0,8$  | $e > 0,8$  |

Таблица 5.2

### Подразделение песчаных грунтов по коэффициенту водонасыщения (по степени влажности) $S_r$

| Грунт                                 | Степень влажности    |
|---------------------------------------|----------------------|
| Малой степени насыщения (маловлажный) | $0 < S_r \leq 0,5$   |
| Средней степени насыщения (влажный)   | $0,5 < S_r \leq 0,8$ |
| Насыщенный водой                      | $0,8 < S_r \leq 1$   |

Таблица 5.3

### Подразделение пылевато-глинистых грунтов по числу пластичности

| Грунт    | Число пластичности $I_p$ , % |
|----------|------------------------------|
| Супесь   | $1 < I_p \leq 7$             |
| Суглинок | $7 < I_p \leq 17$            |
| Глина    | $I_p \leq 17$                |

Таблица 5.4

### Подразделение пылевато-глинистых грунтов по показателю текучести

| Грунт             | Показатель текучести  |
|-------------------|-----------------------|
| Супесь:           |                       |
| твердая           | $I_L < 0$             |
| пластичная        | $0 < I_L \leq 1$      |
| текучая           | $I_L > 1$             |
| Суглинок и глина: |                       |
| твердые           | $I_L > 0$             |
| полутвердые       | $0 < I_L \leq 0,25$   |
| тугопластичные    | $0,25 < I_L \leq 0,5$ |
| мягкопластичные   | $0,5 < I_L \leq 0,75$ |
| текучепластичные  | $0,75 < I_L \leq 1$   |
| текучие           | $I_L > 1$             |

Таблица 5.5

### Плиты железобетонные для ленточных фундаментов под стены по данным ЦНИИЭП жилища

| № п/п | Марка изделия | Размеры, мм |      |     | Масса, кН | Бетон    |                       | Расход стали, Н |
|-------|---------------|-------------|------|-----|-----------|----------|-----------------------|-----------------|
|       |               | $\ell^*$    | $b$  | $h$ |           | класс, В | объем, м <sup>3</sup> |                 |
| 1     | ФЛ8-12-2      | 1180        | 800  | 300 | 6,8       | 15       | 0,274                 | 18,2            |
| 2     | ФЛ10-12-2     | 1180        | 1000 | 300 | 7,5       | 15       | 0,300                 | 34,8            |
| 3     | ФЛ12-12-2     | 1180        | 1200 | 300 | 8,7       | 15       | 0,347                 | 60,8            |
| 4     | ФЛ14-12-2     | 1180        | 1400 | 300 | 10,4      | 15       | 0,416                 | 82,0            |
| 5     | ФЛ16-12-2     | 1180        | 1600 | 300 | 12,1      | 15       | 0,486                 | 122,9           |
| 6     | ФЛ20-12-2     | 1180        | 2000 | 500 | 24,4      | 15       | 0,975                 | 130,2           |
| 7     | ФЛ24-12-2     | 1180        | 2400 | 500 | 28,4      | 15       | 1,138                 | 211,5           |
| 8     | ФЛ28-12-2     | 1180        | 2800 | 500 | 34,2      | 20       | 1,369                 | 324,8           |
| 9     | ФЛ32-12-2     | 1180        | 3200 | 500 | 40,0      | 20       | 1,60                  | 478,5           |

\* Длина блока, расчет фундамента выполняется на 1 погонный метр.

Таблица 5.6

## Стеновые сплошные бетонные блоки по ГОСТ 13579-78

| Марка блока | Размеры, мм |     |     | Масса, кН | Объем, м <sup>3</sup> |
|-------------|-------------|-----|-----|-----------|-----------------------|
|             | $\ell$      | $b$ | $h$ |           |                       |
| ФБС24-3-6-Т | 2380        | 300 | 580 | 09,7      | 0,406                 |
| ФБС24-4-6-Т | 2380        | 400 | 580 | 13,0      | 0,543                 |
| ФБС24-5-6-Т | 2380        | 500 | 580 | 16,3      | 0,679                 |
| ФБС24-6-6-Т | 2380        | 600 | 580 | 19,3      | 0,815                 |
| ФБС12-4-6-Т | 1180        | 400 | 580 | 6,4       | 0,265                 |
| ФБС12-5-6-Т | 1180        | 500 | 580 | 7,9       | 0,331                 |
| ФБС12-6-6-Т | 1180        | 600 | 580 | 9,6       | 0,398                 |
| ФБС12-4-3-Т | 1180        | 400 | 280 | 3,1       | 0,127                 |
| ФБС12-5-3-Т | 1180        | 500 | 280 | 3,8       | 0,159                 |
| ФБС12-6-3-Т | 1180        | 600 | 280 | 4,6       | 0,191                 |
| ФБС9-3-6-Т  | 880         | 300 | 580 | 3,5       | 0,146                 |
| ФБС9-4-6-Т  | 880         | 400 | 580 | 4,7       | 0,195                 |
| ФБС9-5-6-Т  | 880         | 500 | 580 | 5,9       | 0,244                 |
| ФБС9-6-6-Т  | 880         | 600 | 580 | 7,0       | 0,293                 |

Таблица 5.7

## Типы, марки и основные размеры забивных железобетонных свай квадратного сечения (ГОСТ 19804-91)

| Марка  | Размер сторон поперечного сечения, мм | Длина призматической части (свай) $d$ , мм | Длина острия $\ell_{ост}$ , мм | Вес 1 пог.м, мН | Класс бетона |
|--|---------------------------------------|--|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Сваи сплошные с поперечным армированием ствола |                                       |  |                                |                 |              |
| 1. С напрягаемой стержневой арматурой          |                                       |  |                                |                 |              |
| С  | 200                                   | 3000-6000                                  | 150                            | 0,00102         | 30           |
|  | 250                                   | 4500-6000                                  | 250                            | 0,0016          | 30           |
|  | 300                                   | 3000-12000                                 | 250                            | 0,00229         | 30           |
|  | 350                                   | 8000-16000                                 | 300                            | 0,00312         | 30           |
|  | 400                                   | 13000-16000                                | 350                            | 0,00403         | 30           |
| 2. С напрягаемой стержневой арматурой          |                                       |  |                                |                 |              |
| СН   | 300                                   | 9000-15000                                 | 250                            | 0,00229         | 40           |
|  | 350                                   | 12000-20000                                | 300                            | 0,00312         | 40           |
|  | 400                                   | 13000-20000                                | 350                            | 0,00403         | 40           |
| 3. С напрягаемой проволочной арматурой         |                                       |  |                                |                 |              |
| СН   | 200                                   | 3000-6000                                  | 150                            | 0,00102         | 30           |
|  | 250                                   | 4500-6000                                  | 250                            | 0,0016          | 30           |
|  | 300                                   | 3000-15000                                 | 250                            | 0,00229         | 30           |
|  | 350                                   | 8000-20000                                 | 300                            | 0,00312         | 40           |
|  | 400                                   | 13000-20000                                | 350                            | 0,00403         | 40           |
| 4. С напрягаемой прядевой арматурой            |                                       |  |                                |                 |              |
| СН   | 300                                   | 11000-15000                                | 250                            | 0,00227         | 40           |
|  | 350                                   | 10000-20000                                | 300                            | 0,00309         | 40           |
|  | 400                                   | 13000-20000                                | 350                            | 0,00403         | 40           |

*Примечание.* Длина призматической части свай от 3 до 6 м принимается с интервалом 0,5 м, от 6 до 20 м — с интервалом 1,0 м.

Таблица 5.8

Окончание таблицы

**Укрупненные единичные расценки на земляные работы  
и устройство фундаментов\***

| Наименование работ и конструкций  | Стоимость на единицу измерения, руб.-коп. |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <u>А. Земляные работы</u>   |   |
| 1. Разработка грунта под фундаменты: при глубине выработки до 2 м и ширине траншеи 1 м, м <sup>3</sup><br>при глубине котлована более 2 м на каждые 0,5 м глубины заложения фундаментов стоимость земляных работ увеличится на 10% (при уменьшении глубины стоимость соответственно уменьшится)<br>при ширине котлована более 1 м стоимость земляных работ повышается на 7%<br>при разработке мокрых грунтов вводятся поправочные коэффициенты:<br>при объеме мокрого грунта (ниже уровня подземных вод) менее 50% от общего объема грунта $K_q = 1,25$<br>при объеме мокрого грунта (ниже УПВ) более 50% от общего объема грунта $K_q = 1,4$ | 3-60                                      |
| II. Водоотлив на 1 м <sup>3</sup> грунта:<br>при отношении мокрого грунта (ниже УПВ) к глубине котлована:   |   |
| до 0,25   | 0-35                                      |
| до 0,5  | 0-95                                      |
| до 0,75   | 1-80                                      |
| свыше 0,75  | 3-00                                      |
| III. Крепления:<br>крепление стенок котлована досками:  |   |
| при глубине выработки до 3 м <sup>2</sup> крепления   | 0-85                                      |
| при глубине выработки более 3 м <sup>2</sup> крепления  | 0-98                                      |
| устройство деревянного шпунтового ограждения, м   | 7-86                                      |
| <u>Б. Устройство фундаментов</u>  |   |
| 1. Сборные фундаменты: фундаменты железобетонные сборные для промышленных зданий, м <sup>3</sup> железобетона   | 44-90                                     |

| 1  | 2      |
|--|--------|
| трапециевидные блоки ленточных фундаментов, м <sup>3</sup> железобетона  | 46-50  |
| бетонные фундаментные блоки (в том числе стеновые), м <sup>3</sup> бетона  | 36-00  |
| II. Монолитные фундаменты:<br>фундаменты железобетонные, отдельные (под колонны), м <sup>3</sup> железобетона    | 31-00  |
| то же, ленточные, м <sup>3</sup> железобетона  | 28-30  |
| фундаменты бетонные, отдельные, м <sup>3</sup> бетона  | 28-40  |
| то же, непрерывные (ленточные), м <sup>3</sup> бетона  | 26-30  |
| фундаменты и стены подвала бутобетонные, м <sup>3</sup> бутобетона   | 21-00  |
| то же, бутовые, м <sup>3</sup> кладки  | 20-10  |
| III. Устройство армированных поясов:<br>устройство монолитных железобетонных поясов, м <sup>3</sup> железобетона | 36-20  |
| армированной кладки, т металла   | 367-00 |
| IV. Железобетонные сваи:<br>железобетонные до 12 м (с забивкой), м <sup>3</sup> бетона                           | 88-40  |
| то же, более 12 м, м <sup>3</sup> бетона   | 86-10  |
| железобетонные полые сваи с открытым концом при длине до 8 м (с забивкой)  |        |
| при диаметре сваи до 660 мм  | 88-17  |
| при диаметре сваи 780 мм   | 92-97  |
| железобетонные полые сваи с закрытым концом (толщина стенок 80 мм, $d=400 \dots 600$ мм)                         | 190-00 |
| устройство набивных бетонных свай  | 185-00 |

\* В ценах 1985 г. Для перехода к современным ценам используются поправочные коэффициенты с учетом местных условий.

Для ориентировочных расчетов может быть использован коэффициент  $k=30$ .

Д-р техн. наук, проф.  
Валерий Леонтьевич Кубецкий

## **ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

Рабочая программа,  
задание и методические указания  
на выполнение курсового проекта

Компьютерная верстка *Н.Ф. Цыганова*

---

|                             |                  |   |
|-----------------------------|------------------|---|
| Тип. зак.                   | Изд. зак. 224    | Тираж 500 экз.                            |
| Подписано в печать 13.10.03 | Гарнитура Times. | Офсет                                     |
| Усл. печ. л. 4,75           | Уч.-изд. л.      | Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> |

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2  
Типография РГОТУПС, 107078, Москва, Басманный пер., 6