

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Кафедра городского кадастра и инженерных изысканий

**МЕХАНИКА ГРУНТОВ.
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

Методические указания
к выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта
по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»
для студентов, обучающихся по направлению 653500 – Строительство
2-е издание, переработанное

Белгород 2009

УДК 624.121 (07)
ББК 38.58Я7
М55

Составители Черныш А.С., к.т.н., доцент
 Калачук Т.Г., к.т.н., доцент
 Сергеев С.В., д.т.н., профессор

Рецензент Кафтаева М.В., к.т.н., доцент

Механика грунтов. Основания и фундаменты: Методические указания к выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для студентов, обучающихся по направлению 653500 – Строительство – 2-е изд., М55 перераб. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009 – 42 с.

УДК 624.121(07)
ББК 38.58Я7
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, 2009

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Проектирование фундаментов обычно состоит из двух этапов. Первый – включает выбор типов оснований и фундаментов, определение глубины заложения и основных габаритных размеров (исходя из расчетов оснований по предельным состояниям). Второй этап – расчет и конструирование фундамента как элемента сооружения (по материалу фундамента). Данное пособие рассматривает выполнение только первого этапа, так как конструирование фундамента и расчет его по материалу рассматривается в курсовых проектах по каменным, бетонным, металлическим и деревянным конструкциям.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Анализ исходных данных по надфундаментной конструкции.
2. Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства.
3. Определение глубины заложения фундаментов (ростверков).
4. Выбор типов оснований и фундаментов на основании сравнения вариантов.
5. Конструирование фундаментов. Защита помещений от грунтовых вод и сырости.
6. Расчет оснований по предельным состояниям.
7. Заключение по проекту.
8. Использованная литература.

В пояснительной записке приводят все необходимые обоснования принятых решений и расчеты. Текстовые пояснения должны быть минимальными. Расчеты оформляют, в основном в табличной форме.

Рисунки оформляют так же, как и в технической литературе с обязательным соблюдением масштаба. Под рисунком пишут слово «Рис.», указывают его номер и название. При оформлении таблиц вверху справа пишут слово «Таблица» и указывают ее номер, ниже – ее название. Примечания помещают ниже таблицы. На все таблицы и рисунки должна быть ссылка в тексте.

Пояснительная записка должна быть написана чернилами (пастой) на стандартной бумаге формата 210x297 мм. В начале записки помещают оглавление, в конце – список использованной литературы с обязательными ссылками на нее в тексте. Все страницы, включая рисунки, должны быть пронумерованы.

Объем записки - 25-30 страниц.

Графическая часть проекта включает:

- а) схематический поперечный разрез здания совместно с основанием в пределах границ сжимаемой толщи;
- б) сечения и планы фундаментов, принятых для сравнения вариантов;
- в) маркировочная схема (план фундаментов) с размерами и привязкой к осям (масштаб 1:100). Если в проекте после сравнения вариантов принят свайный фундамент, то вычерчивают план ростверков и свайного поля;
- г) сечения фундаментов, принятые после сравнения вариантов с проработкой на уровне рабочих чертежей с указанием деталей устройства гидроизоляции (масштаб 1:50);
- д) спецификация фундаментов;
- е) примечания о принятых материалах и их марках, подготовка под фундаменты, особенности производства работ и др.

Чертеж выполняют в карандаше на одном листе ватмана формата А1 (576x841) с обязательным соблюдением требований «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД). Размеры проставляют в миллиметрах.

Рекомендуется до выполнения чертежа наметить сечения, характерные узлы, выбрать масштабы, обдумать и прикинуть размещение материала на листе. Полезно делать предварительные эскизы, тогда чертеж будет выполнен чище и быстрее. Следует использовать типовые элементы и конструкции (подушки фундаментов, фундаментные блоки, сваи и др.).

План фундаментов (ростверков) вычерчивают полностью, без разрывов. Иногда можно выполнять часть фундаментов, используя симметрию плана. Масштаб плана свай может быть уменьшен. Длинная сторона плана должна идти параллельно кромке чертежа.

Для выполнения проекта каждый студент получает индивидуальное задание, которое включает:

- 1) название города и области, где намечено строительство;
- 2) схему сооружения или здания с основными размерами и таблицу усилий на уровне верхнего обреза фундаментов;
- 3) данные инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства: план участка (горизонтالي, план скважины), геологические колонки или разрезы, основные показатели физико-механических свойств грунтов, время выполнения инженерных изысканий.

Конечной задачей проектирования является разработка фундаментов (а в необходимых случаях и оснований) для двух несущих элементов здания. Конкретные участки элементов зданий, для которых следует запроектировать фундаменты (например, наружная и внутренняя стены, наружная стена и колонна и т.д.) отмечают на плане первого этажа.

По двум рассчитанным и за- проектированным фундаментам принять размеры всех остальных фундаментов здания.

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Коэффициенты надежности

- γ_g - по грунту;
 γ_c - коэффициент условий работы;
 γ_{ci} ; R ; γ_{cf} - коэффициенты условий работы грунта под нижним концом и боковой поверхностью свай.

Характеристика грунтов

- ρ_s - плотность частиц, $г/см^3$, $т/м^3$;
 ρ - плотность, $г/см^3$, $т/м^3$;
 ρ_d - плотность в сухом состоянии, $г/см^3$, $т/м^3$;
 ρ_{bf} - плотность обратной засыпки, $г/см^3$, $т/м^3$;
 l - коэффициент пористости;
 W - влажность природная;
 W_p - влажность на границе пластичности (раскатывания);
 W_L - влажность на границе текучести;
 S_a - степень влажности;
 I_L - показатель текучести (консистенции);
 γ - удельный вес, $кН/м^3$;
 γ_{sw} - удельный вес с учетом взвешивающего действия воды, $кН/м^3$;
 C - удельное сцепление, $кПа$;
 φ - угол внутреннего трения, $град.$;
 E - модуль деформации, $кПа$;
 I_P - число пластичности.

Нагрузки, напряжения, сопротивления

- F - сила, расчетное значение силы, $кН$;
 F_v ; F_h - вертикальная, горизонтальная составляющие силы, действующей на верхний обрез фундамента, $кН$;
 N - сила нормальная к подошве фундамента (действие фундамента на основание), $кН$;
 F_{sa} ; F_{sr} - силы, действующие по плоскости скольжения соот-

- ветственно сдвигающие и удерживающие (активные и реактивные), кН;
- $M_x; M_y$ - моменты, действующие вдоль главных осей подошвы фундамента, кН·м;
- $G; G$ - собственный вес фундамента и грунта на обрезах фундамента, кН;
- P - среднее давление под подошвой фундамента, кПа;
- σ_z - вертикальное нормальное напряжение, кПа;
- σ_{zg} - вертикальное напряжение от собственного веса грунта (природное), кПа;
- σ_{zp} - дополнительное к природному вертикальное напряжение от внешней нагрузки, кПа;
- R - расчетное сопротивление грунта основания, кПа;
- R_0 - условное расчетное сопротивление грунта (для предварительного назначения размеров фундамента), кПа;
- f_i - расчетное сопротивление слоя грунта на боковой поверхности сваи, кПа;
- F_d - несущая способность сваи, кН.

Деформация оснований и сооружений

- S - осадка основания, см;
- \check{S} - средняя осадка основания, см;
- i - крен фундамента (сооружения);
- S_u - предельное значение деформации основания, см.

Геометрические характеристики

- b - ширина подошвы фундамента, м;
- B - ширина подвала (ширина подошвы условного свайного фундамента), м;
- $l (L)$ - длина подошвы фундамента (длина подошвы условного свайного фундамента), м;
- A - площадь подошвы фундамента (площадь поперечного сечения сваи), м²;
- u - наружный диаметр поперечного сечения свай, м;
- $W_x; W_y$ - моменты сопротивления площади подошвы фундамента вдоль главных осей, м³;
- $d; d_n; d_l$ - глубина заложения фундамента соответственно от

	уровня планировки, от поверхности природного рельефа и приведенная от пола подвала, м;
d_b	- глубина подвала от уровня планировки, м;
$d_f; d_{fn}$	- глубина сезонного промерзания грунта соответственно расчетная и нормативная, м;
d_w	- глубина расположения уровня подземных вод от отметки планировки, м;
h	- толщина слоя грунта, м;
h_i	- толщина слоя грунта, контактируемого с боковой поверхностью сваи, м;
H_l	- глубина сжимаемой толщи, м;
H	- толщина линейно-деформированного слоя, м;
Z	- глубина (расстояние) от подошвы фундамента, м;
DL	- отметка планировки, м;
NL	- отметка поверхности природного рельефа, м;
FL	- отметка подошвы фундамента, м;
$B C$	- нижняя граница сжимаемой толщи, м;
WL	- уровень подземных вод, м;
n	- количество свай в ростверке, шт.;
X_i	- расстояние от главной оси ростверка до оси каждой сваи, м;
X	- расстояние от главной оси до оси рассматриваемой сваи, м;
e_l	- эксцентриситет приложения равнодействующей к площади подошвы фундамента;
e_ϕ	- фактический эксцентриситет – расстояние в плоскости подошвы фундамента между центрами колонны (стены) и подошвы фундамента, м.

Примечание: При выполнении курсового и дипломного проектов расшифровку этих буквенных обозначений в тексте пояснительной записки не делать.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Прежде, чем приступить к выполнению курсового проекта, студент должен детально изучить задание на проект.

Следует иметь ввиду, что проектирование и устройство оснований и фундаментов является сложной комплексной задачей, решение которой

требует рассмотрения многих факторов, в частности, инженерно-геологических условий строительной площадки, физических и механических характеристик слоев грунта, данных о возводимом сооружении и предполагаемых способах строительных работ при возведении фундаментов и т.д. [2. с. 37-38].

1. Анализ исходных данных по надфундаментной конструкции

При анализе исходных данных студент должен знать целевое назначение сооружения, его этажность, форму в плане, глубину подвального помещения, конструктивные особенности стен, промежуточных опор, перекрытий, чувствительность к неравномерным осадкам.

Наименование и конструктивные особенности здания (сооружения) описывают на основании знаний, полученных студентом при изучении соответствующих дисциплин в зависимости от материала надфундаментной конструкции с учетом СНиП 2.02.01-83, прил. 4 [4]. Предварительно необходимо выполнить в пояснительной записке чертеж конструктивной схемы здания (рис. 1).

При анализе исходных данных должен быть решен вопрос о величинах предельных деформаций S_w ($\Delta S/L$) $_w$, i_w , \check{S}_w , $S_{max,u}$ для каждого отсека (блока) здания согласно СНиП 2.02.01-83, прил. 4. Эти данные являются основной для расчета оснований и фундаментов, и в заключении по проекту (раздел 7) необходимо сравнить их расчетные значения с предельными.

Расчетные значения усилий в нижних сечениях колонн или стен приводят в исходных данных на проектирование (табл. 1).

Таблица 1

Усилия на верхних обрезах фундаментов
(основное сочетание нагрузок)

Номер фундамента	1 сочетание			2 сочетание		
	$F_{v,н}$ кН	$F_{h,н}$ кН	$M_{x,н}$ кН·м	$F_{v,н}$ кН	$F_{h,н}$ кН	$M_{x,н}$ кН·м
4	2052	16	71	2300	21,6	37

Из двух сочетаний в табл. 1 в качестве расчетной выбирают комбинацию усилий с максимальной продольной силой, т.е.

$$F_{v,н} = 2300 \text{ кН}, \quad F_{h,н} = 21,6 \text{ кН}, \quad M_{x,н} = 37 \text{ кН·м}.$$

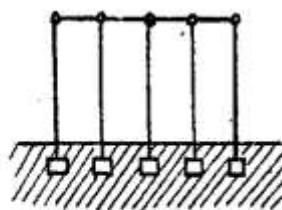
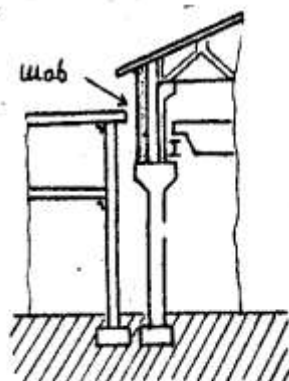
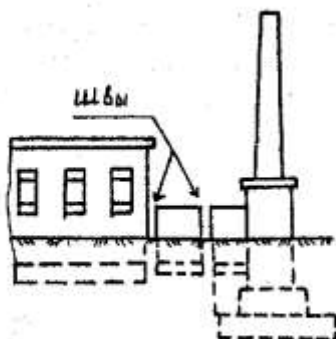
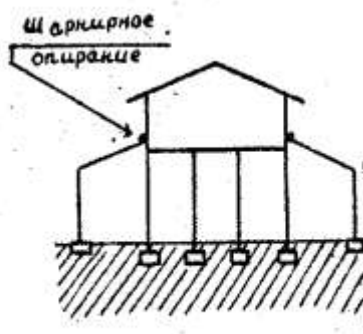
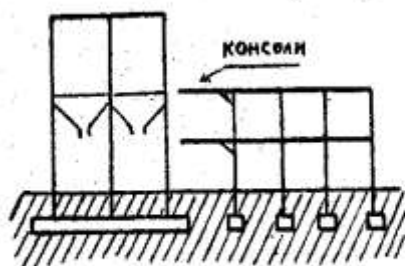


Рис. I. Конструктивные схемы зданий

Расчетные усилия $F_{v,r}$, $F_{h,r}$, $M_{x,r}$ разрешается получать умножением соответственно величин $F_{v,n}$, $F_{h,n}$, $M_{x,n}$ на усредненный коэффициент перегрузки, равной 1,2. Усилия на отметке подошвы фундамента (N_n) находят позже (после определения предварительных размеров фундамента).

2. Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства

Прежде всего, необходимо выполнить привязку здания или сооружения в плане и по высоте (рис. 2), на основании знаний, полученных студентом в курсе архитектуры. На плане показывают направление геологического разреза.

Геологический разрез выполняют в масштабах: вертикальном (1:100), горизонтальном (1:500).

На разрезе приводят следующие данные (рис.3):

- а) номера слоев (сверху вниз);
- б) возраст и генезис (происхождение грунтов);
- в) относительные отметки подошвы каждого слоя (от устья скважин);
- г) уровень грунтовых вод (пунктирной линией с точкой), абсолютные отметки уровня (справа от оси скважины);
- д) места отбора образцов грунтов с указанием номера (прямоугольником, справа от оси буровых скважин);
- е) контур подземной части здания с указанием абсолютных отметок чистого пола первого этажа, подвала, подошвы фундаментов мелкого заложения и ростверков, нижних концов свай;
- ж) вертикальные оси рассчитываемых фундаментов;
- з) отметку планировки.

Чтобы наглядно представить особенности каждого слоя грунта, справа от геологического разреза строится эпюра табличных значений R_0 по вертикали вдоль оси одного из заданных фундаментов.

После выполнения привязки здания в плане и по высоте и построения геологического разреза составляют сводную таблицу характеристик грунтов (табл. 2) на основании табл. 1 и геологического разреза. Для этого нужно рассортировать образцы грунта по номерам слоев, используя номер скважины, глубину отбора образца. Из слоев грунта, представленных черноземом или его примесью, культурным слоем, образцы не отбирают, т.к. они не могут служить основанием. Для этих слоев определяют только величину удельного веса, необходимую для расчетов транспортных расходов.

Далее определяют производные и индексационные характеристики [1, с. 16-20; 2, с. 39-49] и наименование грунтов по ГОСТ 25100-82. Механические характеристики грунтов определяют по СНиП 2.02.01-83 (прил.1).

Условное расчетное сопротивление грунтов основания R_0 определяют согласно СНиП 2.02.01-83 (прил.3).

Для дипломного проектирования студент должен использовать реальные условия строительной площадки согласно отчета по инженерным изысканиям, который он изучает во время преддипломной практики.

При анализе инженерно-геологических условий площадки строительства необходимо в пояснительной записке осветить следующие вопросы:

- 1) характеристика рельефа;
- 2) описание грунтов (послойно сверху вниз), полное наименование, возраст, генезис грунтов, их мощность;
- 3) условия залегания. Отметить согласное и несогласное залегание, уклоны кровли слоев;
- 4) наличие водоносных горизонтов и их описание (наименование, к каким слоям приурочены, глубина залегания и т.п.). Особое внимание обратить на время (сезон) проведения инженерных изысканий и соответственно дать возможный прогноз колебания уровня грунтовых вод и выявления верховодки;
- 5) характеристика важнейших особенностей грунтов в отношении их прочности и деформативности;
- 6) отметить возможное влияние сооружения на активизацию существующих и возникновения новых геологических процессов (оползни, карст, просадки, суффозия, подмыв склонов, оврагообразование и др.).

3. Определение глубины заложения фундаментов (ростверков)

Глубина заложения фундаментов исчисляется от отметки планировки до подошвы фундамента. Абсолютную величину подошвы фундамента определяют, исходя из 6 условий СНиП 2.02.01-83 п.п. 2.25-2.33 в следующей последовательности.

3.1. По назначению и конструктивным особенностям проектируемого сооружения (наличие подвала, прямков, каналов, сопряжение колонны или стены с фундаментом).

Для определения глубины заложения фундаментов необходимо заполнить рис. 4.

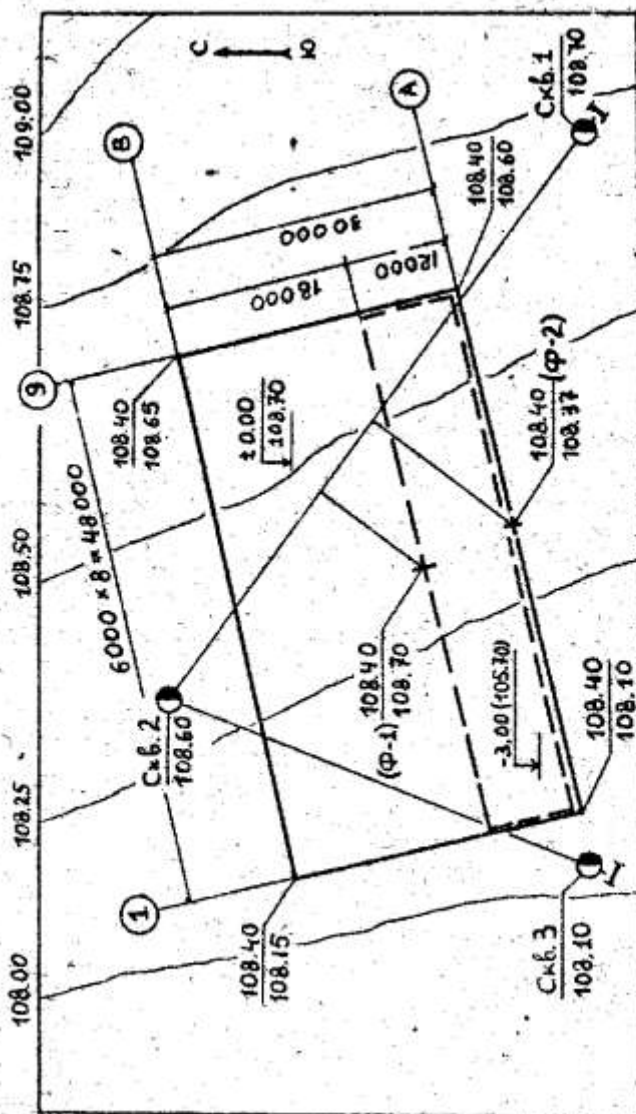
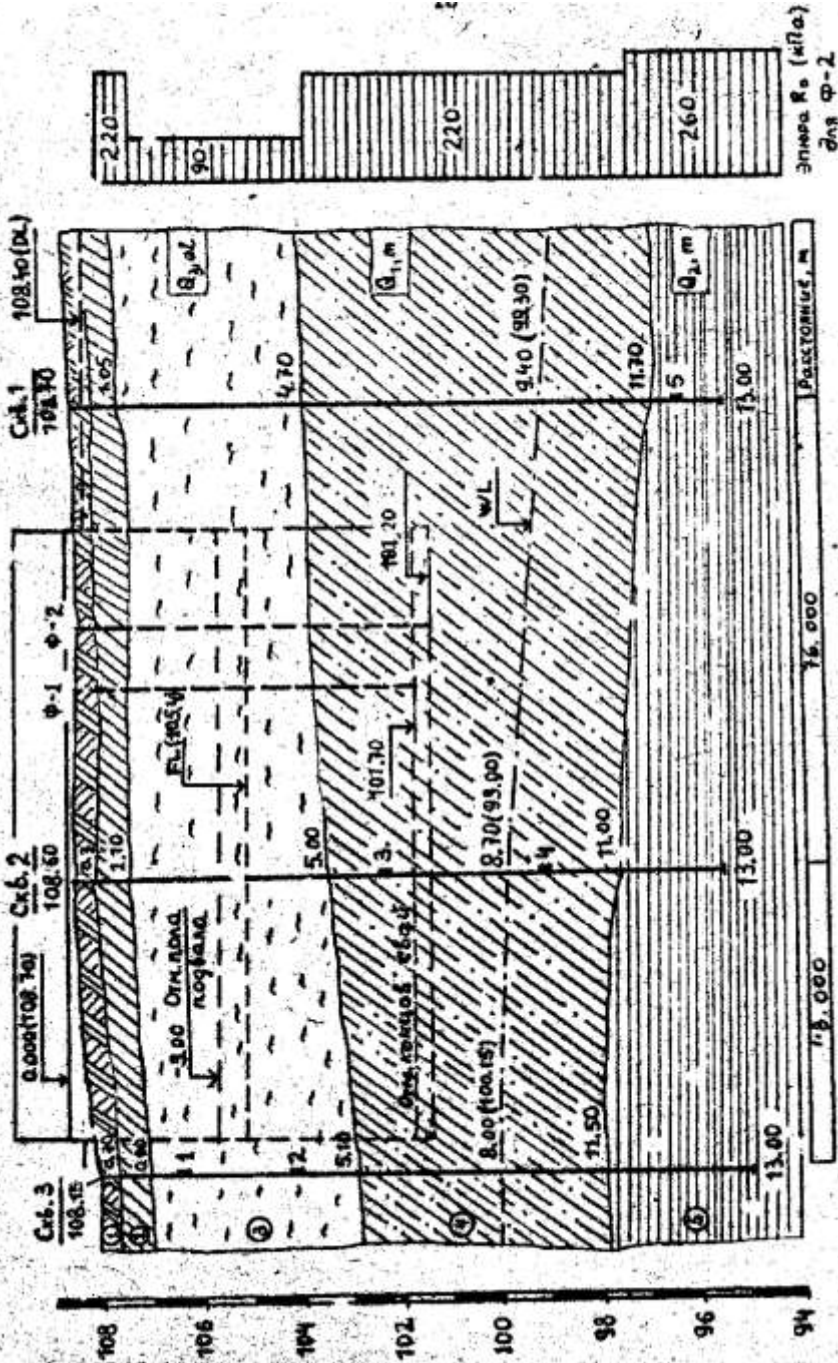


Рис. 2. План строительной площадки с привязкой здания в 1:500

Рис. 3. Геологический разрез: М_в 1:100; М_г 1:800.

В случае применения железобетонных колонн верхний обрез фундамента проектируют на 150 мм ниже отметки чистого пола первого этажа или подвала (см. рис. 4а). Глубину заделки сборных колонн в стакане фундамента H_3 принимают равной:

а) для сборных колонн сплошного сечения

$$H_3 = (1-1,5)h_{кз}$$

где $h_{кз}$ – больший размер сечения колонны¹;

б) для двухветвевых колонн

$$H_3 \geq 0,5 + 0,33h_n \quad \text{или} \quad H_3 \geq 1,5b_{кз}$$

где h_n – полная высота сечения двухветвевой колонны на уровне обреза фундамента, м; $b_{кз}$ – ширина двухветвевой колонны. Толщина дна стакана зависит от усилий в колонне и должна быть не менее 200 мм.

Базу (башмак) металлических колонн обычно устанавливают на 150 мм ниже отметки чистого пола первого этажа (рис. 4б), которую потом обетонируют для защиты от коррозии. Высоту фундамента определяют равной глубине заделки анкерных болтов (l_a) и толщина защитного слоя бетона (70 мм).

3.2. По глубине заложения фундаментов примыкающих (существующих) сооружений.

Если строительная площадка свободна от застройки, то в пояснительной записке отмечают, что ограничений нет.

Если проектируемый фундамент примыкает к существующему зданию, то подошва его должна быть на одной отметке с подошвой существующего здания.

3.3. По нагрузкам и воздействиям на основания и фундаменты и инженерно-геологическим условиям площадки строительства.

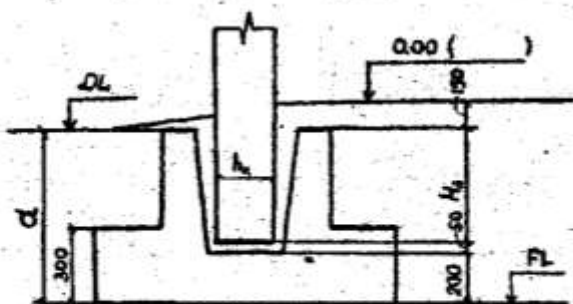
Прежде всего, нужно выбрать несущий слой (в котором расположена подошва фундамента).

Несущим слоем не могут быть так называемые слабые грунты (например, илы, торф, заторфованные грунты), растительный слой и некоторые виды культурных отложений.

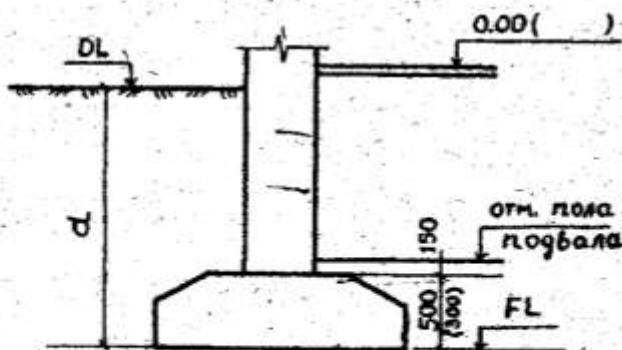
Следуя вдоль вертикальной оси проектируемого фундамента, на геологическом разрезе (см. рис. 3) определяют абсолютную отметку кровли несущего слоя и, приняв величину заглубления, определяют абсолютную отметку подошвы.

¹ Сечения колонн студент принимает самостоятельно в зависимости от усилий в них на уровне верхнего обреза фундамента.

а



б



в

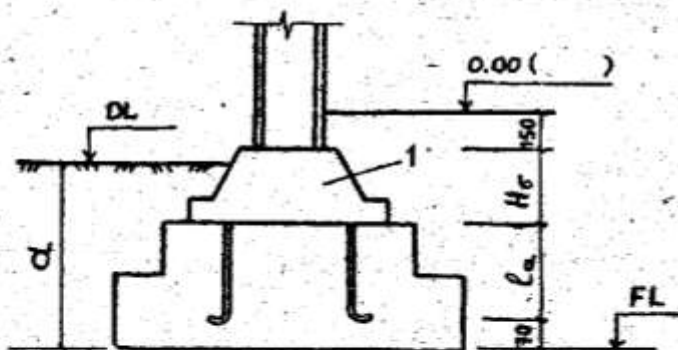


Рис. 4. Определение глубины заложения фундаментов с учетом конструктивных особенностей здания: а - фундамент под железобетонную колонну; б - ленточный фундамент под стену; в - фундамент под металлическую колонну; I - база колонны

Выбирая несущий слой, необходимо совместно учитывать величины усилий на верхнем обрезе фундамента и физико-механические характеристики каждого слоя грунтов.

Предварительно площадь подошвы фундамента можно определить по формуле $A = F_{v,н} / R_0$ и проанализировать получаемую величину с учетом аналогичных фундаментов соседних колонн и стен. Минимальное заглубление фундаментов в несущий слой должно быть 10...50 см; с другой стороны, не следует оставлять под подошвой фундамента слой грунта малой толщины, если строительные свойства несущего слоя значительно хуже свойств подстилающего слоя.

3.4. По существующему и проектируемому рельефу застраиваемой территории.

Если существующий рельеф территории спокойный (небольшое колебание отметок, отсутствие оврагов, балок), то он не накладывает ограничений. При резком изменении рельефа (например, наличие крутого склона) сооружения разделяют осадочными швами на отдельные отсеки (секции). Тогда, с учетом рельефа, каждый отсек имеет свою отметку подошвы фундамента. В принципе, возможно изменение отметок подошвы и в пределах одного отсека.

3.5. По глубине сезонного промерзания грунтов.

Глубина заложения фундаментов по условиям недопущения морозного пучения грунтов под ними назначают согласно СНиП 2.02.01-83, табл. 2, в зависимости от расчетной глубины сезонного промерзания грунта d_f , определяемой по формуле [3, с. 5]

$$d_f = k_h \cdot d_{fn},$$

где d_{fn} - нормативная глубина промерзания, определяемая в курсовом проекте по схематической карте [2, с. 80] для суглинков и глин, а для супесей, пылеватых и мелких песков она увеличивается в 1,2 раза; k_h - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимается:

для наружных фундаментов отапливаемых сооружений по СНиП 2.02.01-83, табл. 1 [4, с. 6];

для наружных и внутренних фундаментов неотапливаемых сооружений $k_h = 1,1$ (кроме районов с отрицательной среднегодовой температурой).

Глубина заложения внутренних фундаментов отапливаемых зданий не зависит от глубины промерзания.

Исключение промерзания грунта в период строительства обеспечивается не глубиной заложения фундаментов, а теплозащитными мероприятиями.

3.6. По гидрогеологическим условиям в период строительства и эксплуатации сооружения.

Грунтовые воды не оказывают непосредственного влияния на глубину заложения фундаментов. Рекомендуется закладывать фундаменты выше уровня грунтовых вод для исключения необходимости применения водоотлива или водопонижения. При заложении фундаментов ниже уровня грунтовых вод предусматривают соответствующую гидроизоляцию [2, с. 112-118] и методы производства работ, сохраняющие структуру грунта. При проектировании оснований учитывают возможность изменения гидрогеологических условий площадки в процессе строительства и эксплуатации сооружения (СНИП 2.02.01-83, п. 2.17-2.24).

Итак, после рассмотрения отдельно каждого условия, определяющего глубину заложения фундамента, в пояснительной записке указывают абсолютную отметку подошвы или отмечают, что ограничений нет.

Окончательно принимают минимальное значение величины абсолютной отметки подошвы фундаментов и вычисляют глубину заложения. Например, абсолютные отметки подошвы фундаментов согласно вышеперечисленных пунктов равны (при $= 104,00$ м):

4.1 – 102,50 м

4.2 – 101,85 м

4.3 – 102,15 м

4.4 – ограничений нет

4.5 – 103,20 м

4.6 – ограничений нет

За проектную отметку подошвы (FL) принимаем минимальное значение, т.е. 101,85 м, тогда глубина заложения равна: $d = DL - FL = 104,00 - 101,85 = 2,15$ м.

Отметку подошвы ростверка назначают по этим же условиям (за исключением п. 4.3).

По конструктивным условиям высота ростверка равна ($h_0 + 0,25$) м, но не менее 30 см, где h_0 – высота заделки в него сваи, которую принимают не менее 5 см.

В заключении раздела необходимо проанализировать параметры будущего котлована. Если абсолютные отметки подошв всех фундаментов сооружения отличаются друг от друга незначительно, то возможно расположить все фундаменты с единой абсолютной отметкой. Это сократит затраты на земляные работы.

В курсовом проекте глубину заложения определяют для каждого заданного для расчета фундамента.

4. Выбор типов оснований и фундаментов на основании сравнения вариантов

Выбор типов оснований и фундаментов производят на основе совместного анализа исходных данных по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям площадки строительства и надфундаментных конструкций.

Грунты в большинстве случаев используют в естественном состоянии. Но если верхняя, относительно небольшая, толща сложена слабыми грунтами, не способными в естественном состоянии воспринимать нагрузку от фундамента, то предусматривают специальные мероприятия (уплотнение, закрепление или замена другими грунтами, обладающими необходимыми свойствами). Если толща слабых грунтов велика, то мероприятия по их искусственному улучшению или их замена могут оказаться слишком дорогостоящими. Экономически более целесообразным может оказаться метод фондирования, при котором нагрузку передают на плотные слои, залегающие на значительной глубине под толщей слабых грунтов. Для этой цели устраивают свайные фундаменты (например, сваи, сваи-оболочки, сваи-столбы [5, с. 1-3]).

Студенту необходимо принять решение об использовании одного из двух возможных типов основания – естественного или искусственно улучшенного, а также рассмотреть 2 варианта фундаментов (мелкого и глубокого заложения).

К фундаментам мелкого заложения относятся отдельные (столбчатые), ленточные и в виде сплошной железобетонной плиты. Конструктивные схемы указанных типов фундаментов приведены в работах [1, с. 156-163; 3, с. 17-27; 8, с. 39-57].

Типы свай различают по материалу, форме поперечного и продольного сечений, способу изготовления и погружения в грунт [1, с. 176-183; 3, с. 27]. При этом проходка сваями глинистых грунтов твердой и полутвердой консистенции допускается в исключительных случаях. Сваи нельзя применять тогда, когда в толще имеются валуны и другие препятствия. В этих случаях делают фундаменты, выполняемые способами стена в грунте или опускной колодец.

Конструктивные схемы фундаментов глубокого заложения приведены в работах [2, с. 127-136; 8, с. 156-164].

При выборе вариантов фундаментов рассматривают только варианты целесообразные и конкурирующие между собой.

Под одним зданием могут быть разные типы оснований или фундаментов. Например, тяжелая часть здания может опираться на свайный фундамент, а более легкая - на фундаменты мелкого заложения (рис. 5).

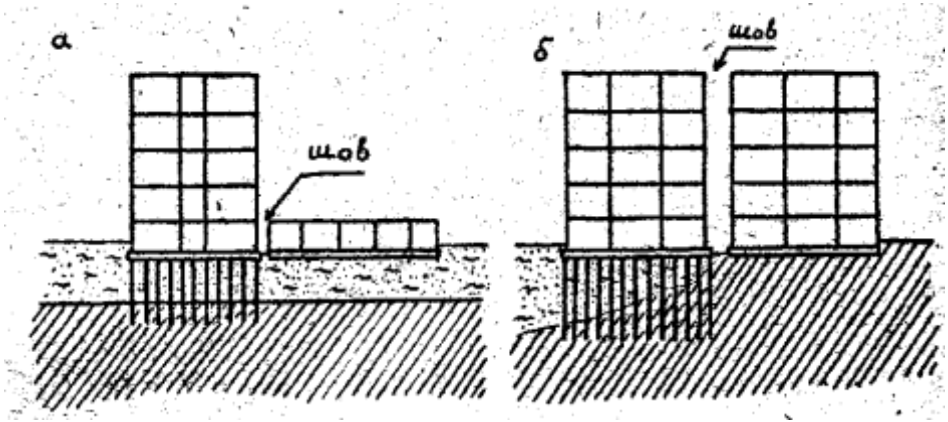


Рис. 5. Типы оснований и фундаментов: а – разные по нагрузкам фундаменты при одинаковом грунтовом основании; б – одинаковые по нагрузкам фундаменты при разных грунтовых основаниях

1. Определение предварительных размеров подошвы фундаментов мелкого заложения [2, с. 86-94; 3, с. 41-61]

Размеры подошвы определяют методом последовательного приближения.

1. Вычисляют площадь подошвы A в первом приближении

$$A_1 = F_{v, \dots} / (R_0 - 0,85\gamma_{\text{зем}} \cdot d)$$

2. Выбирают форму подошвы. Известно, что самая оптимальная с точки зрения будущих осадок – круглая, но она трудоемка в исполнении. Поэтому подошву фундамента принимают квадратной, и только наличие большого по величине момента вынуждает принимать ее прямоугольной ($b_1/l_1 = 0,85 - 0,65$).

3. Исходя из A_1 , вычисляют ширину и длину фундамента при принятом отношении $k = b_1/l_1$. Например, для квадратной подошвы: $b_1 = \sqrt{A_1}$, для

прямоугольной: $A_1 = k \cdot b_1^2$; $l_1 = b_1/k$; $b_1 = \sqrt{A_1/k}$. Размеры принимают кратными 10 см.

4. Определяют расчетное сопротивление грунта основания (по СНиП 2.02.01-83, формула 7)

$$R = \frac{\gamma_{c_1} \cdot \gamma_{c_2}}{k} [M_{\gamma} \cdot K_{\alpha} \cdot b_1 \cdot \gamma_{\gamma'} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_{\gamma'} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma_{\gamma'} + M_c \cdot C]$$

5. Вычисляют площадь подошвы во втором приближении

$$A_2 = F_{v,0} / (R - 0,85 \gamma_{\text{зем}} \cdot d)$$

6. Уточняют размеры подошвы b_2 и l_2 . На этом приближении можно остановиться, приняв $b = b_2$, $l = l_2$, $A = A_2$.

7. Конструируют фундамент, назначая определенное количество и размеры ступеней (рис. 6), и вычисляют среднее давление под подошвой фундамента

$$P = (F_{v,0} + G_{\phi,0} + G_{zp,0}) / A.$$

8. Проверяют выполнение следующих условий: а) среднее давление под подошвой фундамента не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания, т.е. $P \leq R$; б) при действии момента в одном направлении (рис. 6,а) давление под наиболее и наименее нагруженной гранью фундамента должно быть соответственно

$$P_{\max} \leq 1,2R \quad P_{\min} \geq 0;$$

$$P_{\min} = (F_{v,0} + G_{\phi,0} + G_{zp,0}) / A \pm (M_{x,0} + F_{h,0} \cdot d) / W_x$$

где $W_x = b^2/6$; в) при действии момента в двух направлениях давление в угловой максимально нагруженной точке (рис. 6,б) не должно превышать $1,5R$, т.е. $P_{\max,c} \leq 1,5R$, $P_{\min} > 0$;

$$P_{\min} = (F_{v,0} + G_{\phi,0} + G_{zp,0}) / A \pm (M_{x,0} + F_{h,0} \cdot d) / W_x \pm (M_{y,0} + F_{h,0} \cdot d) / W_y$$

Если вышеприведенные условия не выполняются, то необходимо предпринять следующее:

1) изменить соотношение размеров подошвы, т.е. придать подошве удлинение в плоскости действия наибольшего момента, но не более, чем $b/l \leq 1/3$;

2) увеличить площадь подошвы на 20% и более;

3) совместить подошву фундамента в направлении действия момента относительно неподвижной колонны, тогда величина эксцентриситета e_{ϕ} равна расстоянию от центра подошвы до точки пересечения оси колонны с подошвой фундамента (рис. 7). При этом площадь подошвы остается без

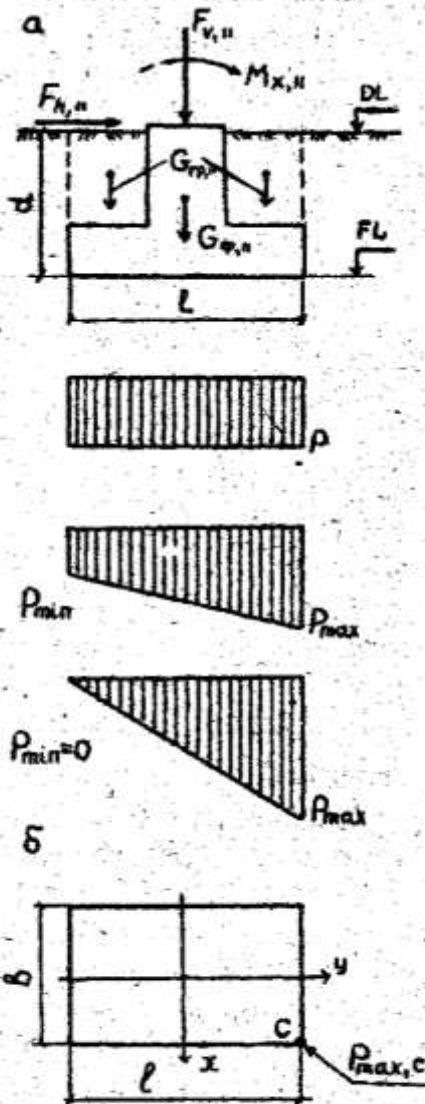


Рис.б. Схема действия сил, возможные эпюры контактных давлений (а) и план подошвы фундамента (б.)

изменений. Значения P_{max} и P_{min} для проверки вышеприведенных условий определяют по формуле

$$P_{\min}^{max} = (F_{v,н} + G_{ф,н} + G_{zp,н})/A \pm (M_{x,н} + F_{h,н} \cdot d - (F_{v,н} + G_{ф,н} + G_{zp,н}) e_{ф})/W_x$$

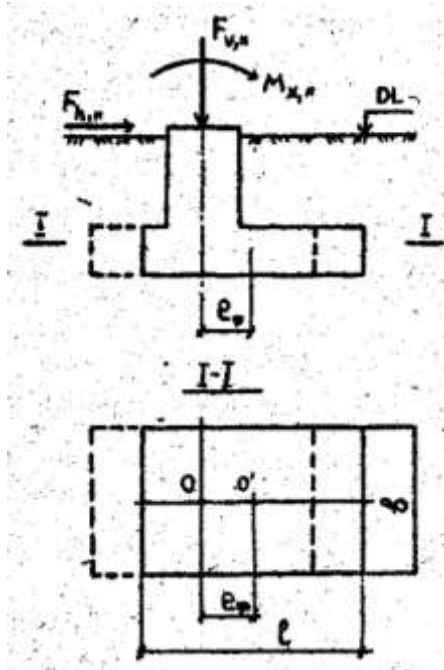


Рис. 7. Схемы размещения подошвы фундамента относительно оси колонны при центральном нагружении (пунктирная линия); при действии значительных по величине моментов (сплошная линия): O – точка пересечения оси колонны с подошвой фундамента; O' – геометрический центр подошвы фундамента

При выполнении всех условий предварительный расчет размеров подошвы фундамента мелкого заложения считается завершенным.

Ширину подошвы ленточного фундамента под стену определяют аналогично, исходя из расчетных усилий $F_{v,н}$, $F_{h,н}$, $M_{x,н}$, приходящихся на 1 м длины фундамента (при $l = l_m$).

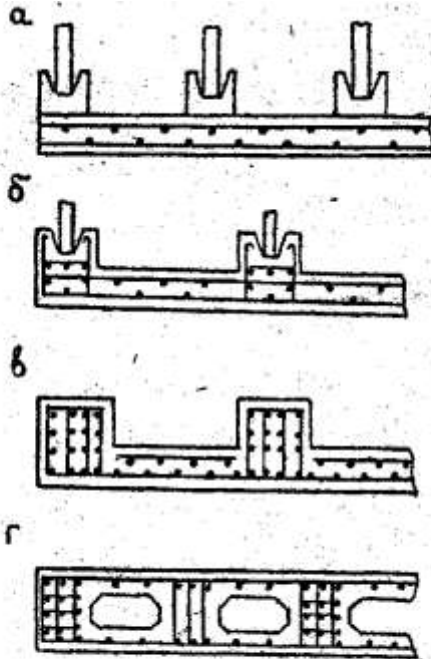


Рис.8. Плитные фундаменты: а - со сборными стаканами;
 б - с монолитными стаканами; в - ребристая плита;
 г - плита коробчатого сечения

Сборные ленточные фундаменты проектируют прерывистыми. Методика их расчета дана в [8, с. 80-82].

При слабых, просадочных и набухающих грунтах, а также при наличии карстовых явлений, в сейсмических районах и на подрабатываемых территориях для снижения неравномерности деформаций здания устраивают монолитные железобетонные перекрестные ленты или плитные фундаменты под всем сооружением. Основными конструктивными типами плит являются: бесбалочная плита с опиранием колонн на сборные стаканы (рис. 8, а); бесбалочная плита с монолитными стаканами (рис. 8, б); ребристая плита, соединяемая с колоннами с помощью монолитных стаканов или выпусков арматуры (рис. 8, в); плита коробчатого сечения (рис. 8, г).

Размеры плиты в плане равны наружным габаритам каркаса (наружные поверхности стен или колонн), увеличенным на две толщины стенки стакана или отступая на 10-20 см от несущих стен. Толщина плиты определяется расчетом ее как железобетонного элемента, а в курсовом проекте принимают 40-60 см.

II. Определение предварительных размеров фундаментов глубокого заложения

Рассмотрим последовательность проектирования свайного фундамента с низким ростверком при вертикальных сваях.

Отметку подошвы ростверка, которую определили в разделе 3, наносят на геологический разрез (см. рис. 3). Анализ инженерно-геологических условий позволяет сделать вывод о типе свай. Если в грунтовом массиве есть практически несжимаемые породы (скальные, полускальные, крупнообломочные и глинистые грунты твердой консистенции), то применяют свай-стойки, в противном случае – висячие сваи (сваи трения).

Несущая способность висячей сваи складывается из сопротивления грунта под острием и сил трения грунта по боковой поверхности, следовательно, острие сваи нужно располагать в более прочном грунте при заглублении в него на 2-3 м [5, с. 21]. Прочность грунтов качественно характеризует величина условного расчетного сопротивления грунта R_0 (см. рис. 3). Таким образом, получают длину сваи в первом приближении.

Если в пределах длины погруженной части сваи есть слой сильносжимаемых (слабых) грунтов (торф или ил толщиной более 30 см), то силы трения на этом участке длины сваи считают равными нулю. Силы трения грунта, расположенного выше сильносжимаемого слоя считают негативными (отрицательными) и они должны быть потом добавлены к нагрузке от здания, действующей на ростверк [6, с. 17-18].

Выбирают вид висячей сваи: забивные или набивные разных конструкций, сваи-оболочки (диаметром более 800 мм), сваи-столбы. Например, если свая прорезает мощную толщу сильносжимаемых грунтов и нижний ее конец находится в плотном (прочном) грунте, то наиболее целесообразно принимать буронабивную сваю с уширением в пределах прочного грунта. В этом случае максимально используется прочность бетона сваи. Забивные и буронабивные сваи без уширения применяют при достаточно однородных по прочности слоях грунтов. Размеры забивных свай и свай-оболочек принимают по ГОСТам [2, с. 129-134; 8, с. 156-158], а набивных – в зависимости от технических параметров оборудования [2, с. 134-136; 8, с. 159-164].

Сопряжение свайного ростверка со сваями бывает как свободно опирающимся, так и жестким. Свободное опирание учитывают в расчетах как шарнирное и конструктивно выполняется заделкой головы сваи в монолитный ростверк на 5-10 см. Жесткое сопряжение сваи с ростверком осуществляют путем заделки головы сваи в монолитный ростверк на глубину, соответствующую длине анкерной арматуры, либо заделкой в ростверк выпусков арматуры.

Уточнив размеры выбранной сваи (длину, поперечное сечение) и выполнив рис. 9, определяют ее несущую способность F_d по одной из соответствующих формул (5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, СНиП 2.02.03-85 с учетом п. 4.11-4.13). Например, для забивных и набивных висячих свай формулы имеют одинаковый вид (формулы 8 и 11)

$$F_d = \gamma_c (\gamma_c \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i).$$

Вычисляют количество свай в первом приближении

$$n = \gamma_k \cdot F_{v, \cdot} / F_d$$

При действии на ростверк большого по величине момента и поперечной силы количество свай увеличивают до 20%.

Располагают забивные сваи в плане с соблюдением условия

$$3d \leq a \leq 6d,$$

где d - диаметр круглого, сторона квадратного или большая сторона прямоугольного сечения сваи; a - расстояние в плане между центрами свай, расположенных рядами или в шахматном порядке (рис. 10).

Причем, необходимо стремиться располагать сваи на расстоянии $3d$ и к квадратной форме ростверка, тогда ростверк будет иметь минимальные размеры в плане. И только наличие большого по величине момента и поперечной силы вынуждают принимать ростверк прямоугольной формы и увеличение расстояния между центрами свай до $6d$ в плоскости действия момента.

Расстояние в свету между стволами буровых и набивных свай и свай-оболочек должно быть не менее 1 м, между уширениями буронабивных свай и свай-оболочек при устройстве их в сухих глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции – 0,5 м, а в остальных грунтах – 1 м.

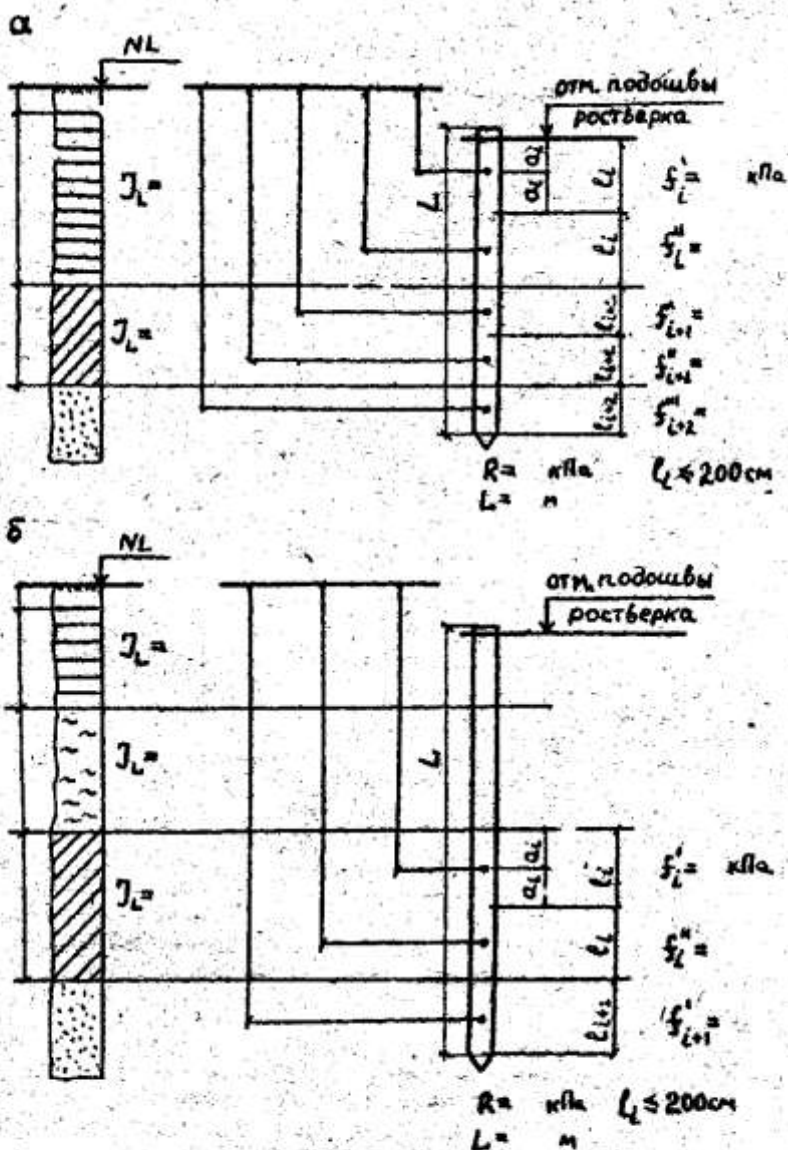


Рис.9. Схема для определения несущей способности одиночной сваи по грунту для фундамента Ф3 : а - без слабого слоя грунта; б - при наличии слабого слоя грунта (торф, ил)

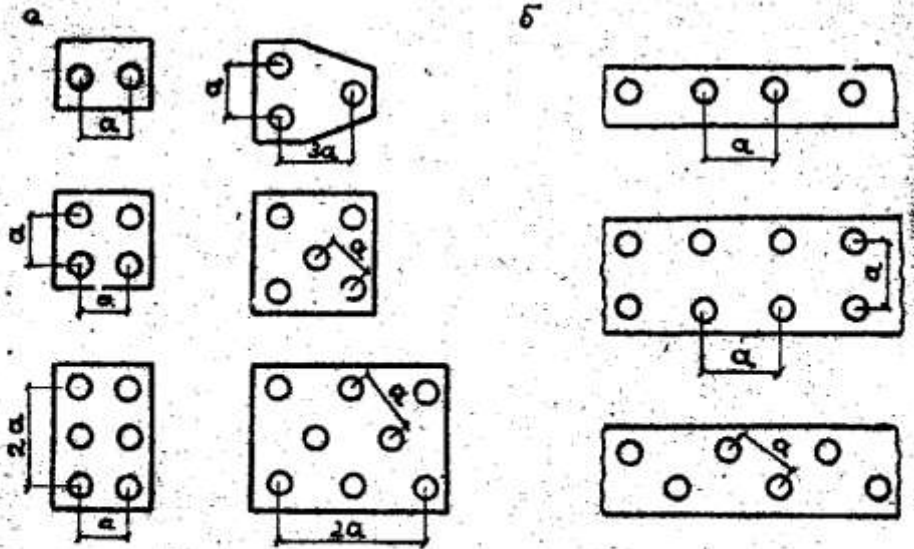


Рис.10. Примеры расположения свай в фундаменте под колонны (а) и под стены (б)

При расположении свай в плане могут быть следующие варианты:

- 1) одной сваи принятых размеров много, тогда нужно уменьшить длину сваи или принять другую ее конструкцию и расчеты повторить;
- 2) под одну колонну свай много и их невозможно расположить в плане с учетом свай под соседние колонны, тогда необходимо увеличить длину свай или принять другую конструкцию, например, вместо забивных призматических свай принять буронабивные с уширенной пятой и расчеты повторить.

Определяют размеры ростверка, при этом расстояние от края ростверка до первого ряда свай принимают 5-10 см.

Вычисляют усилия, передаваемые ростверком на сваи. Вертикальное усилие на уровне подошвы ростверка $N_{d,1}$ определяют по формуле

$$N_{d,1} = F_{v,1} + G_{p,1} + G_{zp,1},$$

где $G_{p,1}$ - вес ростверка; $G_{zp,1}$ - вес грунта на образцах ростверка.

Определяют расчетную нагрузку на максимально и минимально нагруженные сваи (крайние в кусте) N_I

$$N_I = \frac{N_{d,1}}{n} \pm M_{x,1} \cdot \frac{y}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

где y_i - расстояние от центральной оси x ростверка до оси каждой сваи; $y_{\max(\min)}$ - расстояние от оси x до оси крайних свай по обе стороны.

Проверяют условие $N_I \leq F_d / \gamma_k$.

Невыполнение этого условия может быть только при действии очень большого по величине значения $M_{x,1}$. Тогда необходимо сдвинуть ростверк вместе со сваями относительно неподвижной колонны в направлении действия момента $M_{x,1}$, т.е. задать фактический эксцентриситет e_ϕ (аналогично случаю с фундаментами мелкого заложения) и вычислить $N_{I,\max(\min)}$

$$N_{I,\max(\min)} = \frac{N_{d,1}}{n} \pm (M_{x,1} \cdot y_{\max(\min)} - N_{d,1} \cdot e) / \sum_{i=1}^n y_i^2$$

Если этот прием не даст должного результата, то предусматривают устройство наклонных свай [5, с. 21].

Итак, после того, как определены размеры двух вариантов фундаментов (мелкого и глубокого заложения) вычисляют технические показатели для каждого из них (табл. 3).

Таблица 3.

Технические показатели на 1 фундамент

Показатель	Для фундаментов			
	мелкого заложения		глубокого заложения	
	ϕ_1	ϕ_4	ϕ_1	ϕ_4
Общий объем бетона, м ³				
Масса арматуры, кг				
Объем земляных работ, м ³				

Массу арматуры принимают по содержанию ее в 1 м³ конструкции (сваи – 100-150 кг, ростверки под колонны – 70 кг, ленточные ростверки под стены и массивные фундаменты – 30-40 кг).

Объем земляных работ вычисляют для площади здания в плане, приходящейся на одну колонну или 1 погонный м стены.

По этим показателям, с учетом особенностей производства работ, выбирают вариант для дальнейшей проработки.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что выбор типа фундамента и основания – один из самых сложных вопросов фундаментостроения. Глубина проработки этого раздела проекта свидетельствует о степени подготовленности студента.

5. Конструирование фундаментов. Защита помещений от грунтовых вод и сырости

Фундаменты зданий, как правило, бывают бетонными и железобетонными, поэтому конструируют их на основании СНиП по бетонным и железобетонным конструкциям.

Для сборных фундаментов применяют отдельные типовые элементы, например, фундаментные плиты, стеновые блоки, подколонные части фундаментов, рядовые фундаменты под колонны, фундаменты под распорные конструкции.

Размеры верхней ступени фундамента в плане (обрез) для металлической колонны принимают с учетом размещения металлического башмака для заделки анкерных болтов. Расстояние от оси анкерного болта до вертикальной грани верхней ступени фундамента принимают не менее 150 мм при диаметре болтов 50 мм и 200 мм при диаметре болтов более 50 мм.

При применении сборных унифицированных элементов фундаментов конструирование их не выполняется, но нужно указать марку элемента или фундамента и номер ГОСТа или типовую серию.

При применении монолитного фундамента выполняю опалубочный чертеж (рис.11).

Рекомендуемые высоты ступеней (h_1, h_2, h_3) монолитного фундамента приведены в табл. 4. Размеры ступеней в плане (b_1, l_1) принимают кратным 300 мм.

Таблица 4

Рекомендуемая высота ступеней фундамента

Высота плитной части фундамента h , см	Высота ступеней, см			Высота плитной части фундамента h , см	Высота ступеней, см		
	h_1	h_2	h_3		h_1	h_2	h_3
30	30	-	-	90	30	30	30
45	45	-	-	105	30	30	45
60	30	30	-	120	30	45	45
75	30	45	-	150	45	45	60

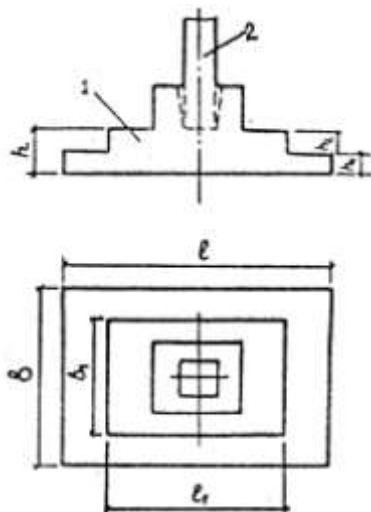


Рис. 11. Фундамент под колонну: 1 – фундамент;
2 – колонна.

Для свайных фундаментов необходимо выбрать тип заделки свай в ростверк. Конструкция заделки зависит от вида свай (рис.12). Примеры сопряжения буронабивной сваи и сваи-оболочки с колонной даны на рис.13, 14.

Под монолитными фундаментами независимо от подстилающих грунтов (кроме скальных) предусматривают бетонную подготовку толщиной 100 мм из бетона М50. Под сборные фундаменты вместо подготовки из бетона может применяться песчаная подсыпка толщиной 100 мм.

Мероприятия по защите помещений от грунтовых вод и сырости направлены на предохранение заглубленных частей здания от сырости и затопления грунтовыми водами, от коррозии и разрушения материалов конструкций. Выбор этих мероприятий зависит от гидрогеологических условий, особенностей конструкции и назначения помещений. Некоторые примеры приведены на рис. 15.

Детальную проработку конструкций фундаментов выполняют на чертежном листе.

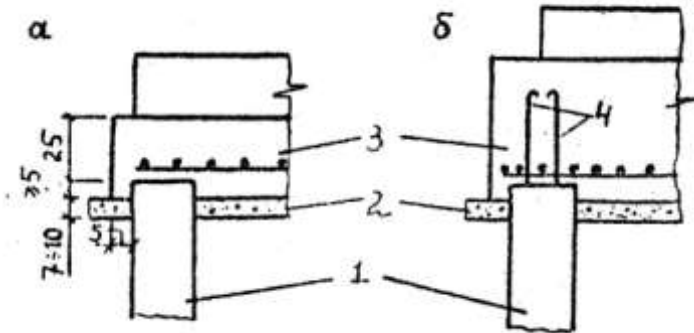


Рис. 12. Свободная (а) и жесткая (б) заделка свай в ростверк:
 1 - железобетонные сваи; 2 - бетонная подготовка;
 3 - монолитный ростверк; 4 - продольная арматура сваи.

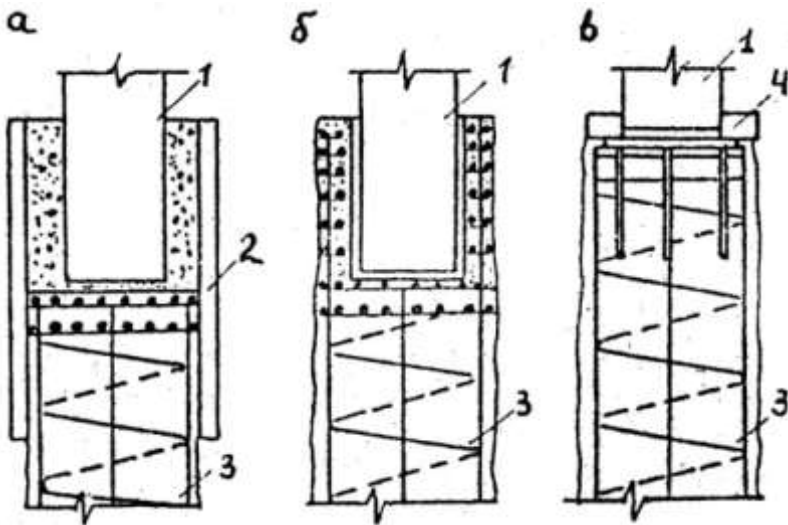


Рис. 13. Сопряжение буронабивной сваи с колонной: а - с помощью кольцевой посадки; б - устройством стакана в свае; в - сварным стыком; 1 - колонна; 2 - насадка; 3 - свая; 4 - сварной стык.

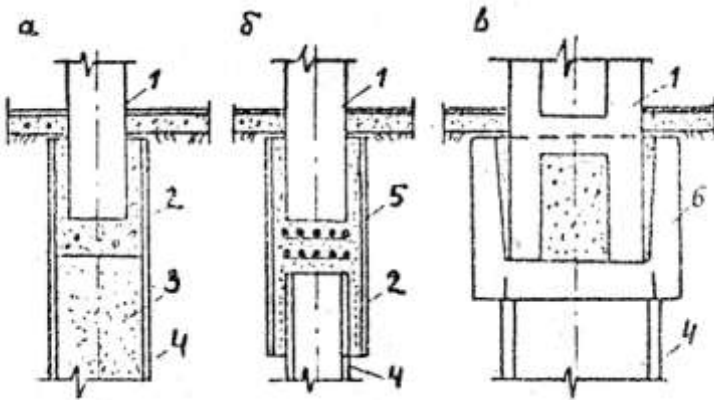


Рис. 14. Сопряжение полый круглой сваи и сваи-оболочки с колонной:
 а – бесстаканное; б – с помощью кольцевой посадки;
 в – с устройством монолитного стакана;
 1 – колонна; 2 – монолитный бетон; 3 – песок; 4 – свая;
 5 – насадка; 6 – монолитный стакан.

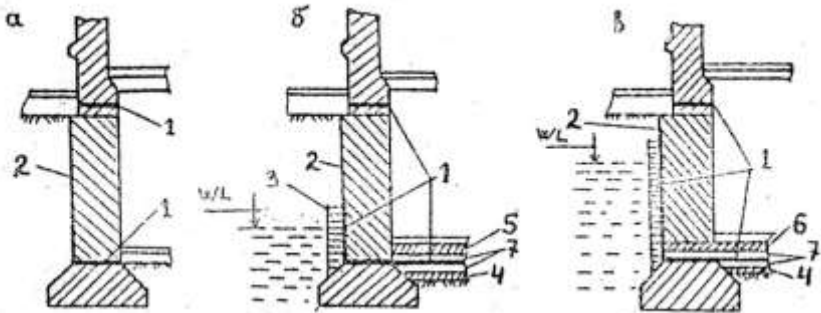


Рис. 15. Гидроизоляция подвальных помещений: а – при уровне подземных вод ниже пола подвала; б – при уровне подземных вод выше пола подвала; в – в то же, при высоком стоянии; 1 – рулонная гидроизоляция; 2 – обмазка битумом за два раза; 3 – прижимная стенка; 4 – бетонная подготовка; 5 – пригрузочный бетон; 6 – железобетонная плита; 7 – цементная стяжка.

6. Расчет оснований по предельным состояниям

Согласно СНиП 2.02.01-83* основания должны рассчитываться по двум группам предельных состояний: первой - по несущей способности и второй - по деформациям. Студент должен обосновать необходимые расчеты оснований по предельным состояниям, а также метод расчета осадок основания.

1. Расчет осадок методом послойного суммирования (вторая группа предельных состояний).

Последовательность расчета осадки основания фундамента мелкого заложения.

1. Вычерчивают расчетную схему (рис.16).

2. Вычисляют вертикальные нормальные напряжения от собственного веса грунта

$$\bar{\sigma}_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_{II,i} h_i$$

и строят эпюру $\bar{\sigma}_{zg}$ слева от оси z и эпюру $0,2 \bar{\sigma}_{zg}$ справа. Ниже уровня грунтовых вод необходимо учитывать взвешивающее действие воды на скелет песчаного грунта и супеси [2, с.25].

3. Определяют величину дополнительного (осадочного) давления на грунт под подошвой фундамента

$$P_0 = P - \bar{\sigma}_{zg,o},$$

где $P = (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{ГР,II}) / A$.

4. Разбивают толщу основания на элементарные слои толщиной h_i (не обязательно равные), исходя из условия $h_i \leq 0,2b$.

Границы элементарных слоев должны совпадать с границами естественных напластований. Определяют координату подошвы элементарных слоев, причем $z = 0$ соответствует подошве фундамента, и начинают заполнение табл. 5.

5. Вычисляют дополнительные вертикальные нормальные напряжения на границах слоев грунта

$$\bar{\sigma}_{zp} = \alpha P_0,$$

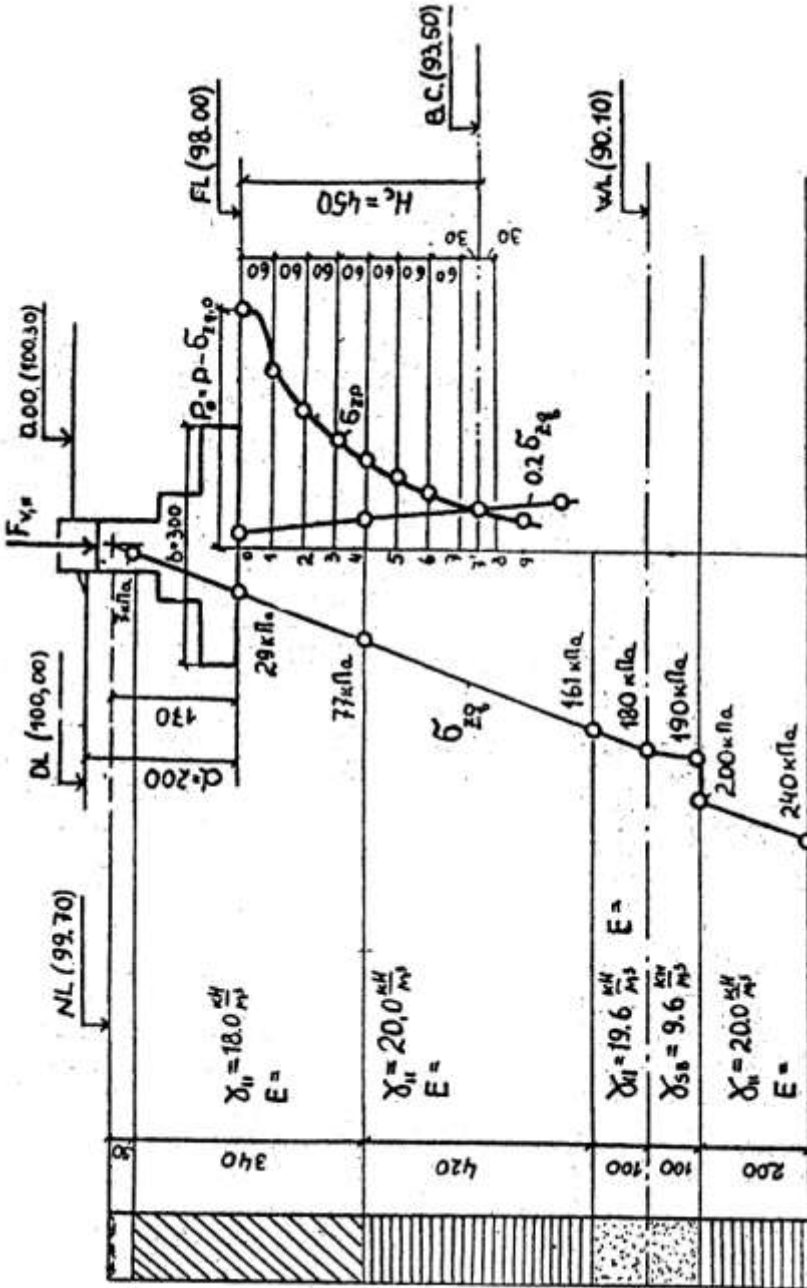


Рис.16. Схема для расчета осадки фундамента мелкого заложения методом послойного суммирования (линейные размеры приведены в см).

где α - коэффициент, учитывающий уменьшение по глубине дополнительного давления (приложение Д1).

Строят эпюру $\bar{\sigma}_{zp}$. Точка пересечения эпюр $\bar{\sigma}_{zp}$ и $\bar{\sigma}_{zq}$ соответствует нижней границе сжимаемой толщи (В.С).

6. Определяют величину средних дополнительных давлений в каждом из элементарных слоев

$$\bar{\sigma}_{zp,i}^{cp} = (\bar{\sigma}_{zp,i-1} + \bar{\sigma}_{zp,i}) / 2.$$

7. Определяют величины осадок каждого элементарного слоя

$$S_i = \bar{\sigma}_{zp,i}^{cp} h_i \beta / E_i,$$

где β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения при деформировании грунтов в условиях компрессии. Назначается в зависимости от коэффициента Пуассона ν (табл. 6).

Таблица 6

Среднее значение коэффициента Пуассона ν и коэффициента β

Грунт	$\nu (\mu)$	$\beta = 1 - 2\nu^2 / (1 - \nu)$
Песок и супесь	0,30	0,74
Суглинок	0,35	0,62
Глина	0,42	0,40

8. Суммарная осадка всех элементарных слоев составляет расчетную величину осадки основания s .

Если в проекте необходимо учитывать влияние соседних фундаментов, то к эпюре дополнительных напряжений $\bar{\sigma}_{zp}$, построенной для проектируемого фундамента, достраивают добавочную часть, отражающую влияние, соседнего фундамента. Величина добавочного дополнительного давления определяется методом угловых точек [1, с. 62-63; 3, с. 73-76].

Последовательность расчета осадок свайного фундамента.

Определяют размеры условного фундамента (рис. 17).

Границы условного фундамента определяют следующим образом:
снизу - плоскостью КБ, проходящей через нижние концы свай;
с боков - вертикальными плоскостями КГ и БД, отстоящими от граней крайних рядов вертикальных свай на расстояния $htg \varphi_{II,mi} / 4$, где $\varphi_{II,mi}$ осред-

Таблица 5

Таблица расчета осадки фундамента $\Phi 3$ методом последовательного суммирования (пример)

№ точек	Z, м	2Z/b	α	$\sigma_{\text{зр}} = \alpha P_0$, кПа	№ слоя	$\sigma_{\text{зр},i}$, кПа	h_i , м	β_i	$E_{v,i}$, кПа	$S_i = \sigma_{\text{зр}}^i \cdot h_i \cdot \beta_i / E_{v,i}$, м
0	0	0	1,00	200	1	196	0,60	0,74	18000	0,0048
1	0,60	0,40	0,96	192	2	176	0,60	0,74	18000	0,0043
2	1,20	0,80	0,80	160	3	141	0,60	0,74	18000	0,0035
3	1,80	1,20	0,61	122	4	106	0,60	0,62	12000	0,0033
4	2,40	1,60	0,45	90	5	79	0,60	0,62	12000	0,0024
5	3,00	2,00	0,34	68	6	60	0,60	0,40	13000	0,0011
6	3,60	2,40	0,26	52	7	46	0,60	0,40	13000	0,0008
7	4,20	2,80	0,20	40	8	38	0,30	0,40	13000	0,0004
7'	4,50	3,00	0,18	36						
8	4,80	3,20	0,16	32						
										$S = 0,0216 \text{ м}$ $= 2,2 \text{ см}$

ненное (средневзвешенное) значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле

$$\varphi_{II,m} = (\varphi_{II,1}h_1 + \varphi_{II,2}h_2 + \dots + \varphi_{II,n}h_n) / (h_1 + h_2 + \dots + h_n),$$

где $\varphi_{II,1}$; $\varphi_{II,2}$; ...; $\varphi_{II,n}$ - расчетные значения углов внутреннего трения для отдельных, пройденных сваями слоев грунта толщиной соответственно h_1, h_2, \dots, h_n ; h - глубина погружения сваи в грунт, считая от подошвы ростверка (см. рис. 16, а) или подошвы слабого слоя (см. рис. 17, б) и равная $h = h_1 + h_2 + \dots + h_n$.

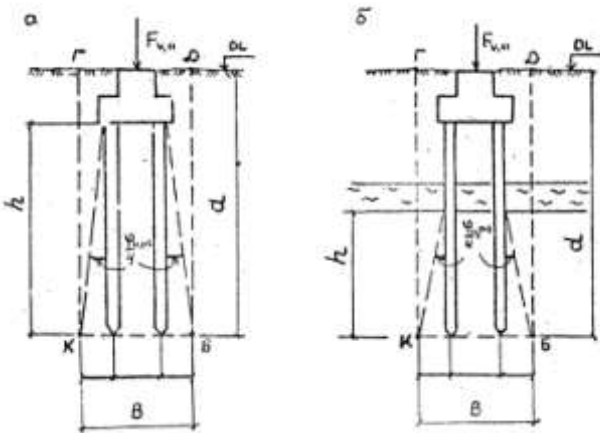


Рис. 17. Схема определения условного фундамента: а – при отсутствии слабых грунтов; б – при наличии слабых грунтов толщиной более 30 см.

Дальнейший расчет ведут в той же последовательности, как фундамента мелкого заложения с размерами подошвы $B \times L$ и глубиной заложения фундамента d . При этом на рис.16 не чертят ростверк и сваи, а наносят только границы условного фундамента (КГДБ на рис.17), и величину среднего фактического давления под подошвой условного фундамента вычисляют по формуле

$$P = (F_{V,II} + G_{P,II} + G_{св,II} + G_{ГР,II}) / BL,$$

где $G_{P,II}$; $G_{св,II}$; $G_{ГР,II}$ - соответственно вес ростверка, свай и грунта в пределах границ условного фундамента.

2. Расчет осадок основания методом линейно-деформируемого слоя конечной толщины.

Этот метод применяется, если:

а) в пределах сжимаемой толщи основания расположен слой грунта с модулем деформации $E \geq 100000$ кПа;

б) подошва фундамента имеет большие размеры (ширина или диаметр более 10 м) и модуль деформации $E \geq 10000$ кПа независимо от глубины залегания мало сжимаемого грунта.

Принимают, что осадка фундамента вызвана полным средним давлением, действующим по подошве фундамента (без учета давления от собственного веса грунта на уровне подошвы), т.е. $P_0 = P$.

Расчетную толщину линейно-деформируемого слоя H принимают или до кровли грунта с модулем деформации $E \geq 100000$ кПа, или при ширине фундамента $b \geq 10$ м и среднем значении модуля деформации основания $E \geq 10000$ кПа вычисляют по формуле:

$$H = (H_0 + \psi b) K_p,$$

где H_0 и ψ - принимают соответственно равными для оснований, сложенных пылевато-глинистыми грунтами 9 м и 0,15; песчаными грунтами 6 м и 0,1; K_p - коэффициент, принимаемый равным 0,8 при среднем давлении под подошвой фундамента $P = 100$ кПа; 1,2 при $P = 500$ кПа, а при промежуточных значениях P - по интерполяции.

Средняя осадка основания

$$s = pbk_c \left[\sum_{i=1}^n (k_i - k_{i-1}) / E_i \right] / k_m,$$

где n - количество слоев грунта, k_c , k_m , k_i - коэффициенты, определяемые в зависимости от глубины границ слоев, считая от подошвы фундамента (приложения Д 2, Д 3, и Д 4).

Расчет по деформациям считается выполненным, если удовлетворены требования СНиП 2.02.01-83*, в противном случае необходимо изменить площадь или глубину его заложения и повторить расчет осадок.

Если определенные расчетом величины осадок основания (при $P = R$) не превышают 40% предельно допустимых величин, то расчетное сопротивление R может быть повышено в 1,2 раза (т.е. площадь подошвы фун-

дамента уменьшено на 20%). Изменение размера подошвы фундамента производят без повторного расчета осадок основания.

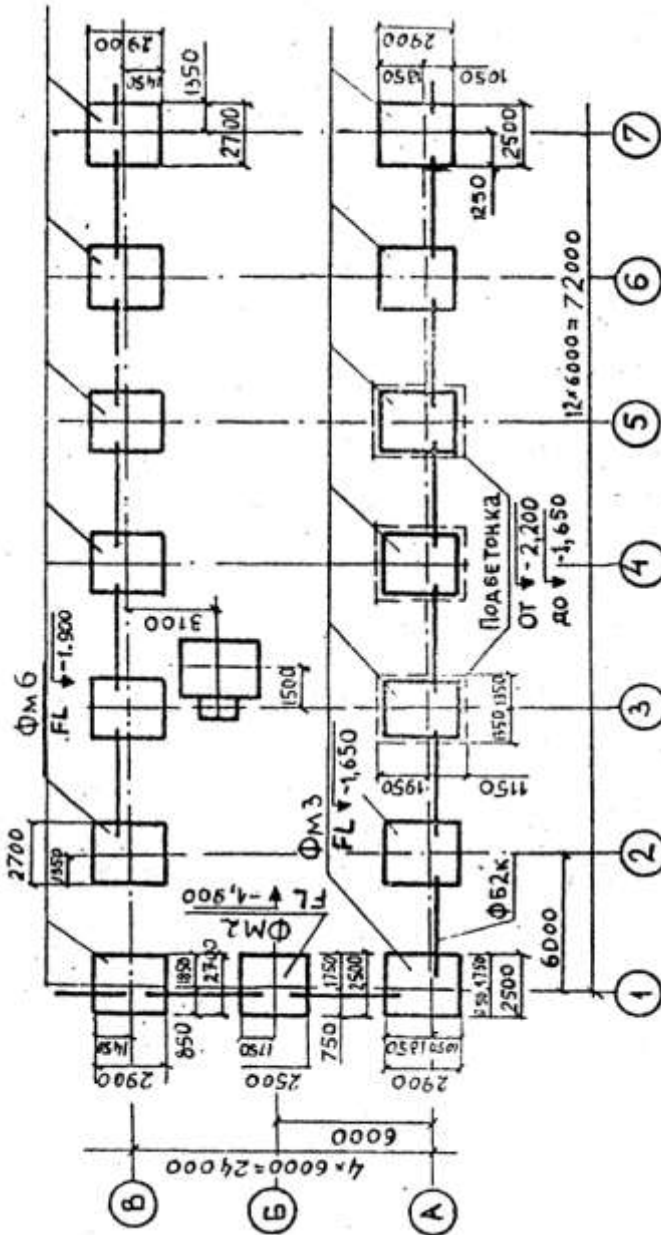
3. Расчет основания по несущей способности

Если устойчивость фундамента против сдвига по подошве не обеспечена, целесообразно устройство фундаментов с наклонной подошвой, так как увеличение размеров подошвы не дает должного эффекта в связи с небольшим удельным сцеплением у основных видов грунтов.

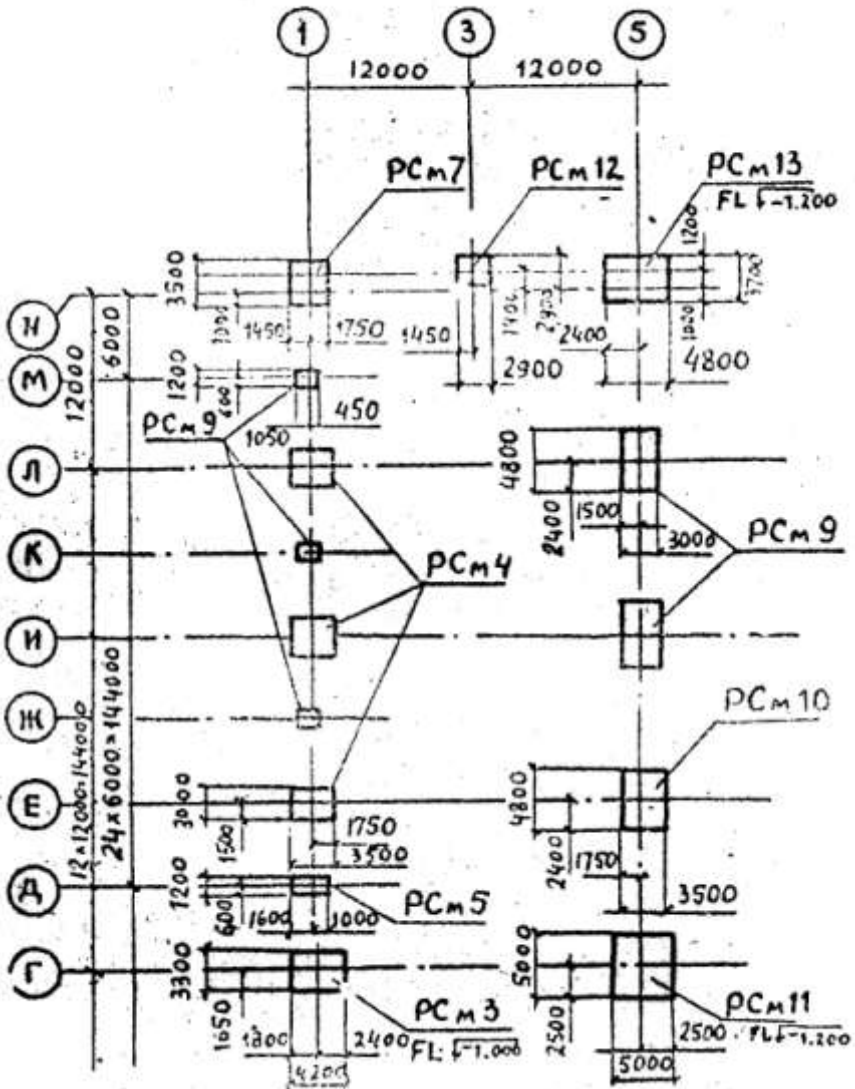
4. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основания и фундаменты. Часть 2. Основы геотехники: Учебник/ Под ред. Б. К. Долматова - М.: Изд – во АВС; СПбГАСУ, 2002.
2. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ Под ред. С.Б. Ухова - М.: Высшая школа, 2002.
3. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): Уч. пособие – м.: Изд – во АВС, 2001.
4. Берлинов М.В., Ягупов Б..А. Расчет оснований и фундаментов: Учебн. для строит. спец. учебн. заведений – М.: Стройиздат, 2004.
5. СНиП 2.02.01 - 83*. Оснеования зданий и сооружений / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996.
6. Механика грунтов, основания и фундаменты: Методические указания к выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта/ А.З. Попов, С.В. Сергеев – Белгород: БТИСМ, 1988.
7. Инженерная геология: Учеб. для строит. спец. вузов/ В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2002.

Приложение 1



Маркировочная схема фундаментов и фундаментных балок
(все незамаркированные фундаментные балки — ФБ 2)



Маркировочная схема ростверка

Учебное издание

**МЕХАНИКА ГРУНТОВ.
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

Методические указания
к выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта
по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»
для студентов, обучающихся по направлению 653500 – Строительство
2-е издание, переработанное

Составители: Черныш Александр Сергеевич

Калачук Татьяна Григорьевна

Сергеев Сергей Валентинович

Компьютерная верстка: Забижевская М.Н.

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,7. Уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете

им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46