

Раздел 2.

Основания и фундаменты

Литература

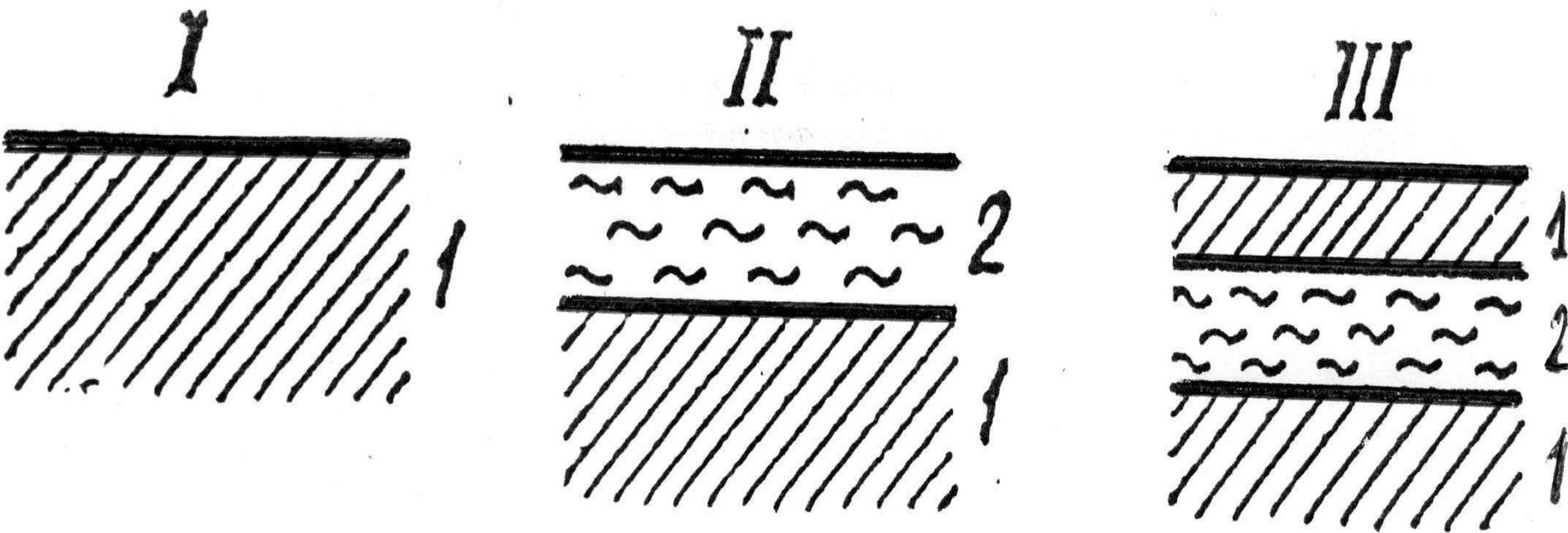
1. СНиП 2.02.01-83^{*} .Основания зданий и сооружений. М.,1993.
2. СНиП 2.02.03-85 .Свайные фундаменты.
3. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения (1985).
4. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (1988).
5. Швецов Г.И., Носков И.В. Справочник. Основания и фундаменты./ Под ред. Г.И. Швецова (1991).

Фундаменты - это подземная или подводная часть сооружения, воспринимающая нагрузки от вышележащих конструкций и передающая их на основание.

Фундаменты можно разделить на разновидности:

- фундаменты мелкого заложения на естественном основании
- свайные фундаменты
- фундаменты глубокого заложения

Схемы деления грунтов:

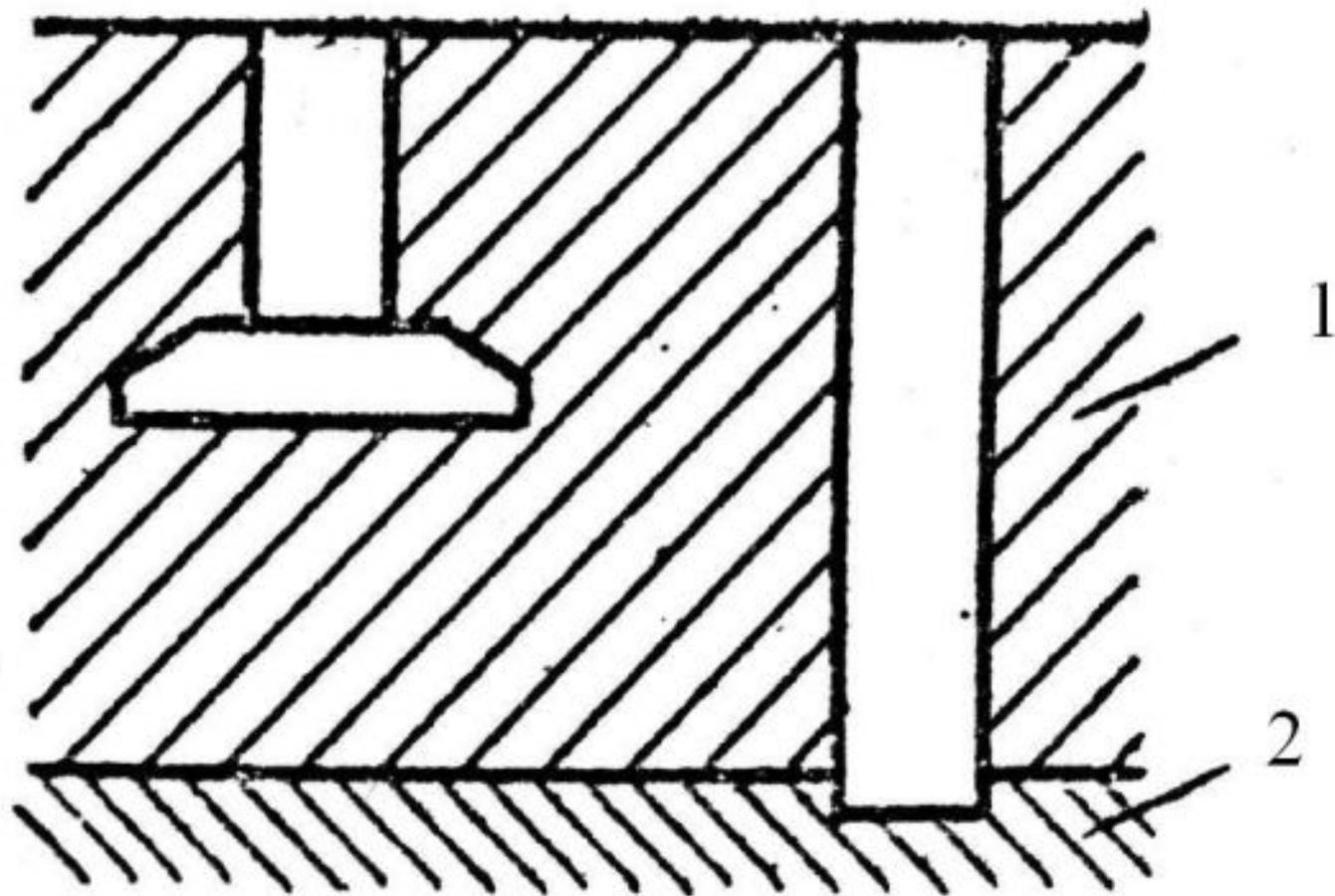


1-надёжный грунт; 2-слабый грунт

Схема 1. С поверхности на большую глубину залегают надежные грунты. Может быть несколько слоев, строительные качества которых не ниже качества верхнего слоя толщи.

Решение: принимаем минимально допустимую глубину заложения подошвы фундамента.

Иногда можно принять за несущий слой более плотный грунт, залегающий на некоторой глубине (если это экономичнее);



1-надёжный грунт среднего качества;
2-более плотный грунт

Схема 2. С поверхности на некоторую глубину залегает один или несколько слоёв слабых грунтов, ниже которых располагается толща надежных грунтов.

Решения:

- а) прорезка слабых грунтов и передача нагрузки на слои надежных грунтов;
- б) если качество надежного грунта высокое, сооружение можно опереть на столбы;
- в) сваи;
- г) сваи различной длины в зависимости от качества надежных грунтов – легкие сооружения можно возводить на сваях, передающих нагрузку на слабые грунты;
- д) слабые грунты могут быть уплотнены, заменены или закреплены.

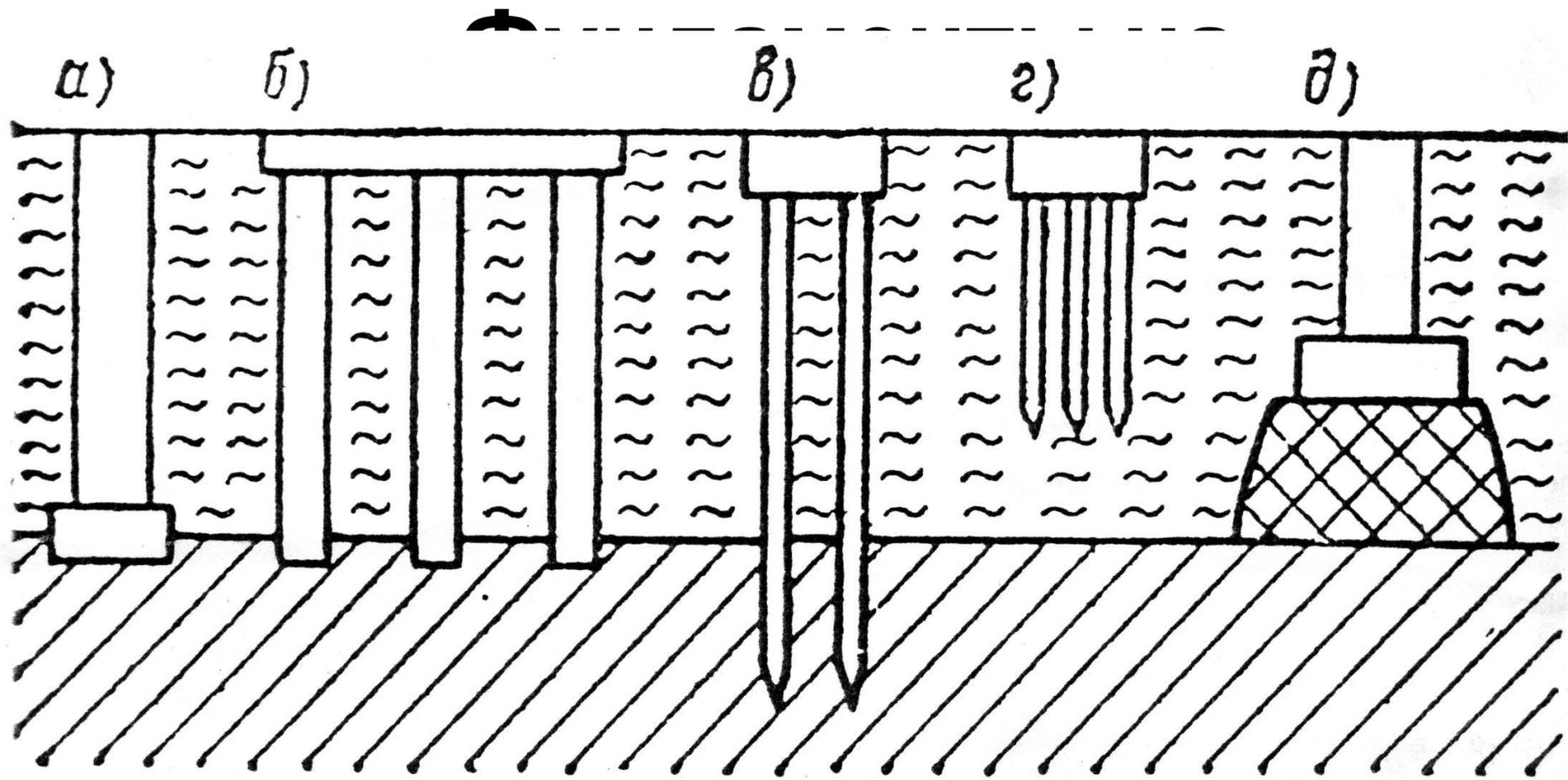
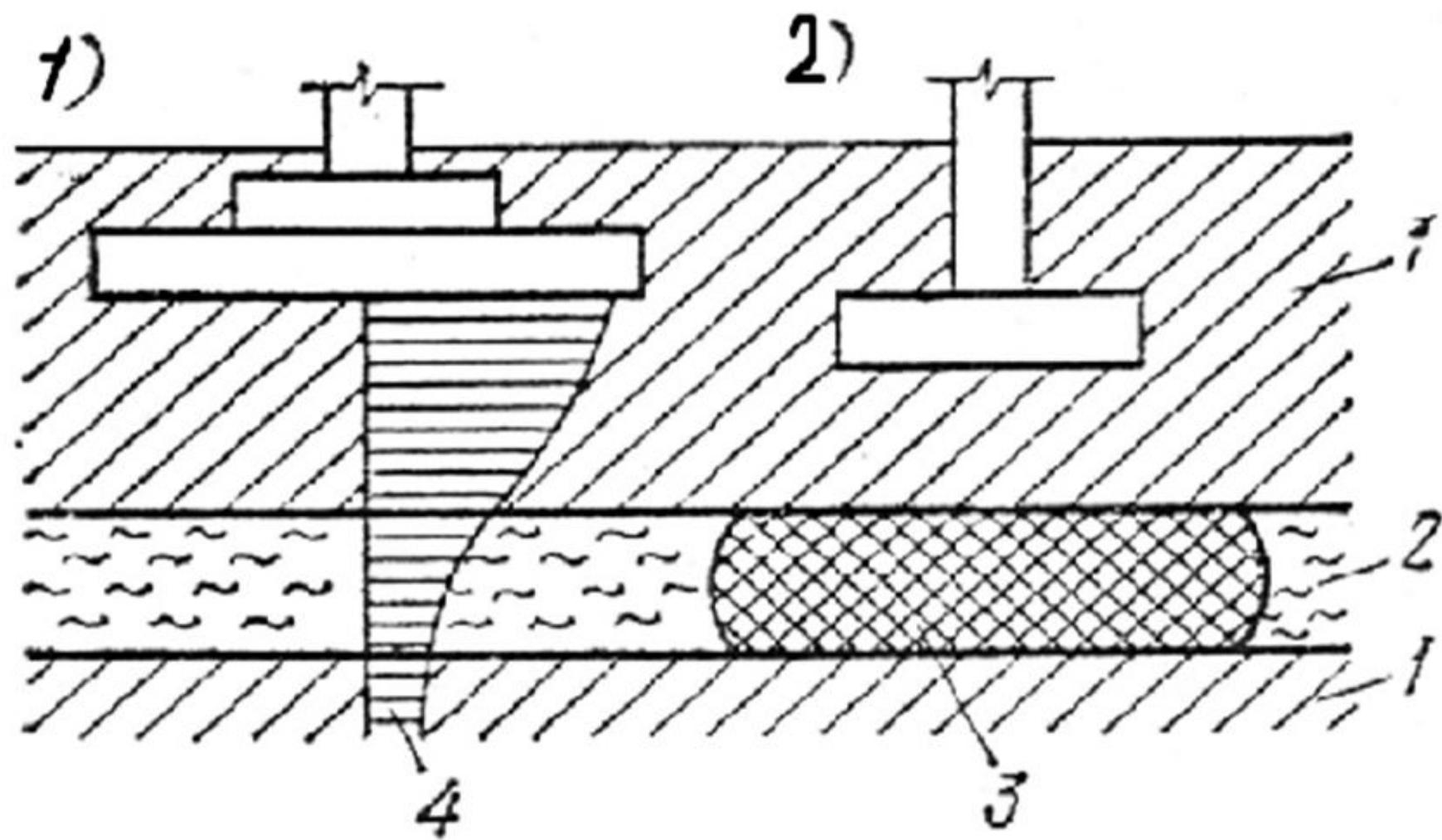


Схема 3. На некоторой глубине слоистой толще залегает один или несколько пластов слабых грунтов.

Решение: приемлемы решения схемы 2, но приходится прорезать и верхний слой надежного грунта. Верхний слой можно использовать в качестве распределительной подушки (1) или только закрепить слой слабого грунта (2).



1- "надежный" грунт; 2- слабый грунт
 3- зона закрепления; 4- эпюра напряжений

**Фундаменты на естественном
основании.**

**Область применения,
конструктивные особенности,
классификация.**

**Инженерно-геологические
изыскания и их оценка. Принципы
проектирования.**

Фундаментами мелкого заложения на естественных основаниях называют такие фундаменты, которые сооружают в открытых котлованах глубиной не более 5-6 м. **Основные требования к фундаментам** - их достаточная прочность, долговечность, морозостойкость, стойкость против агрессивного воздействия подземных вод.

Фундамент должен иметь такие размеры, чтобы среднее давление по подошве фундамента не превышало расчетного сопротивления грунта основания.

$$p \leq R$$

Кроме того, расчетные значения абсолютных осадок и разностей осадок между отдельными фундаментами одного сооружения не должны превышать установленных нормами проектирования предельных значений.

$$S \leq S_u$$

$$[\Delta S/L] \leq [\Delta S/L]_u$$

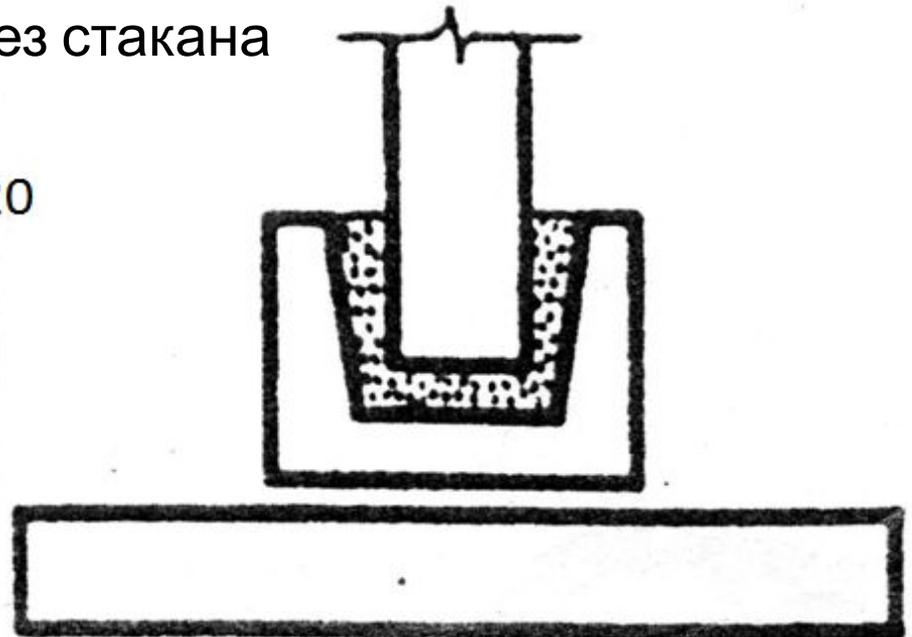
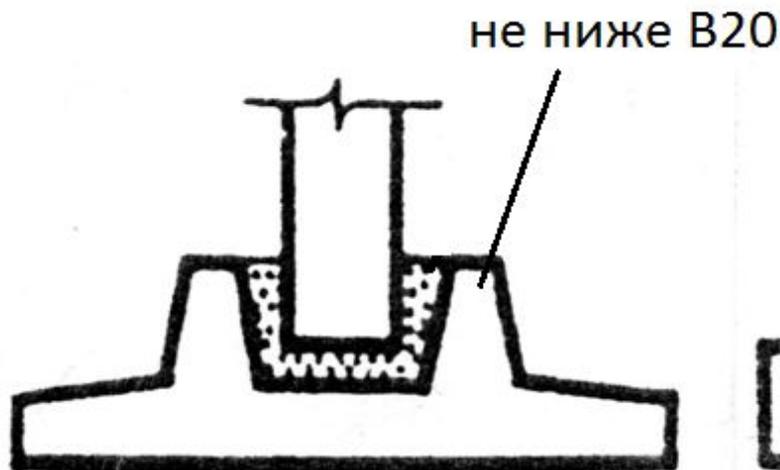
Классификация фундаментов мелкого заложения

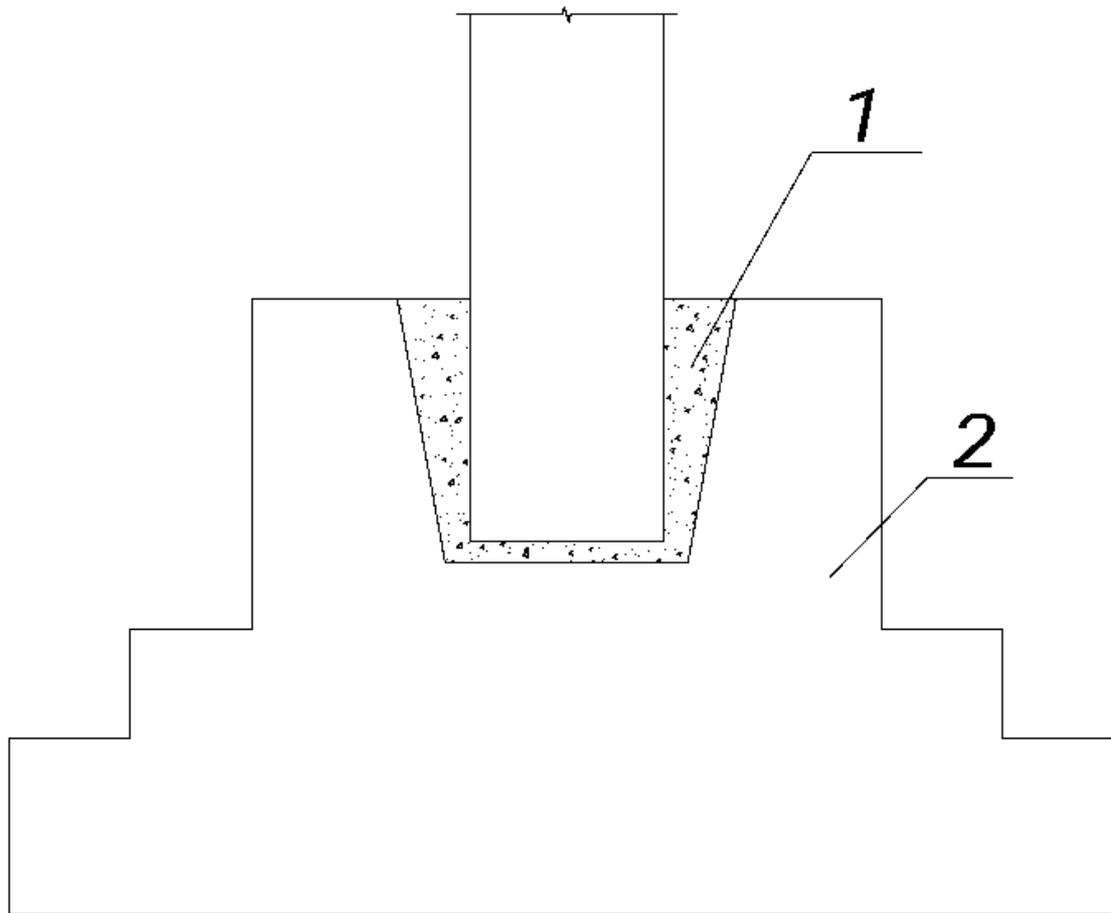


Отдельные фундаменты, как правило, представляют собой фундаменты стаканного типа.

К ним относятся фундаменты под колонны. Обычно такие фундаменты применяются в промышленных зданиях, при не слишком больших нагрузках на грунт и при достаточно прочных и мало сжимаемых грунтах, а также при гибкой схеме работы надземной части здания, когда колонны и ригели, или колонны и фермы соединены шарнирно. Различают следующие способы крепления фундамента с колонной:

а) с замоноличиванием б) без стакана



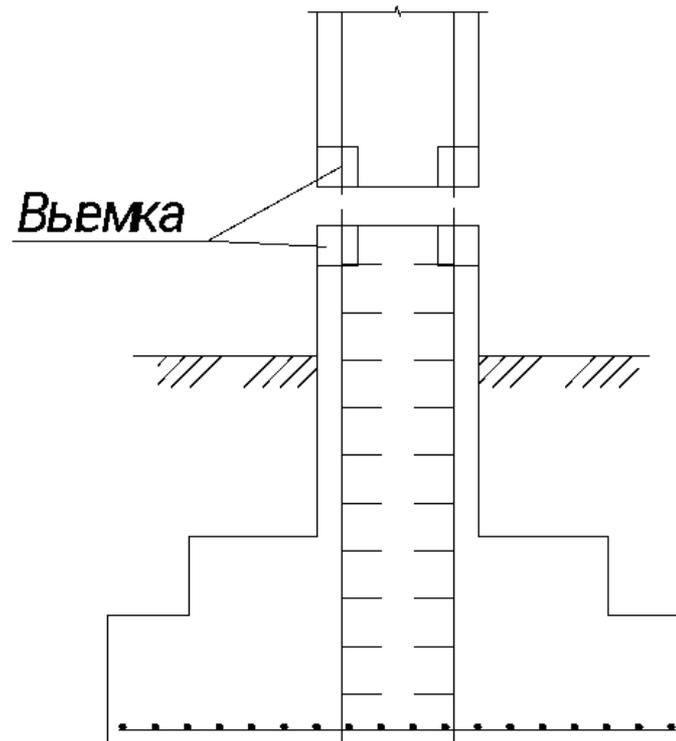


а) замоноличивание (мелкие колонны)

1 – бетон на мелком заполнителе не ниже класса бетона самого фундамента
(не ниже В-20)

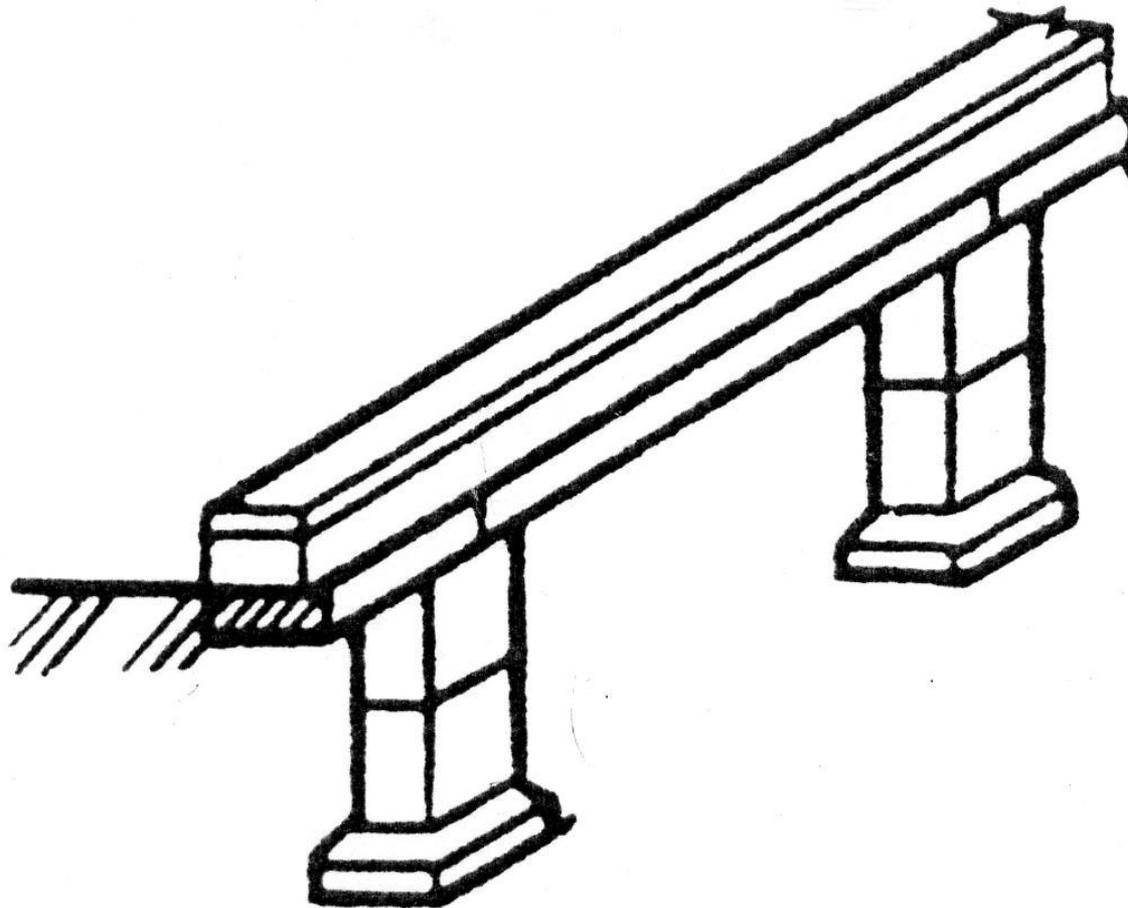
2 – стакан

б) большие колонны – без стакана,
жесткий стык – сварка и стык замоноличиваются
бетоном

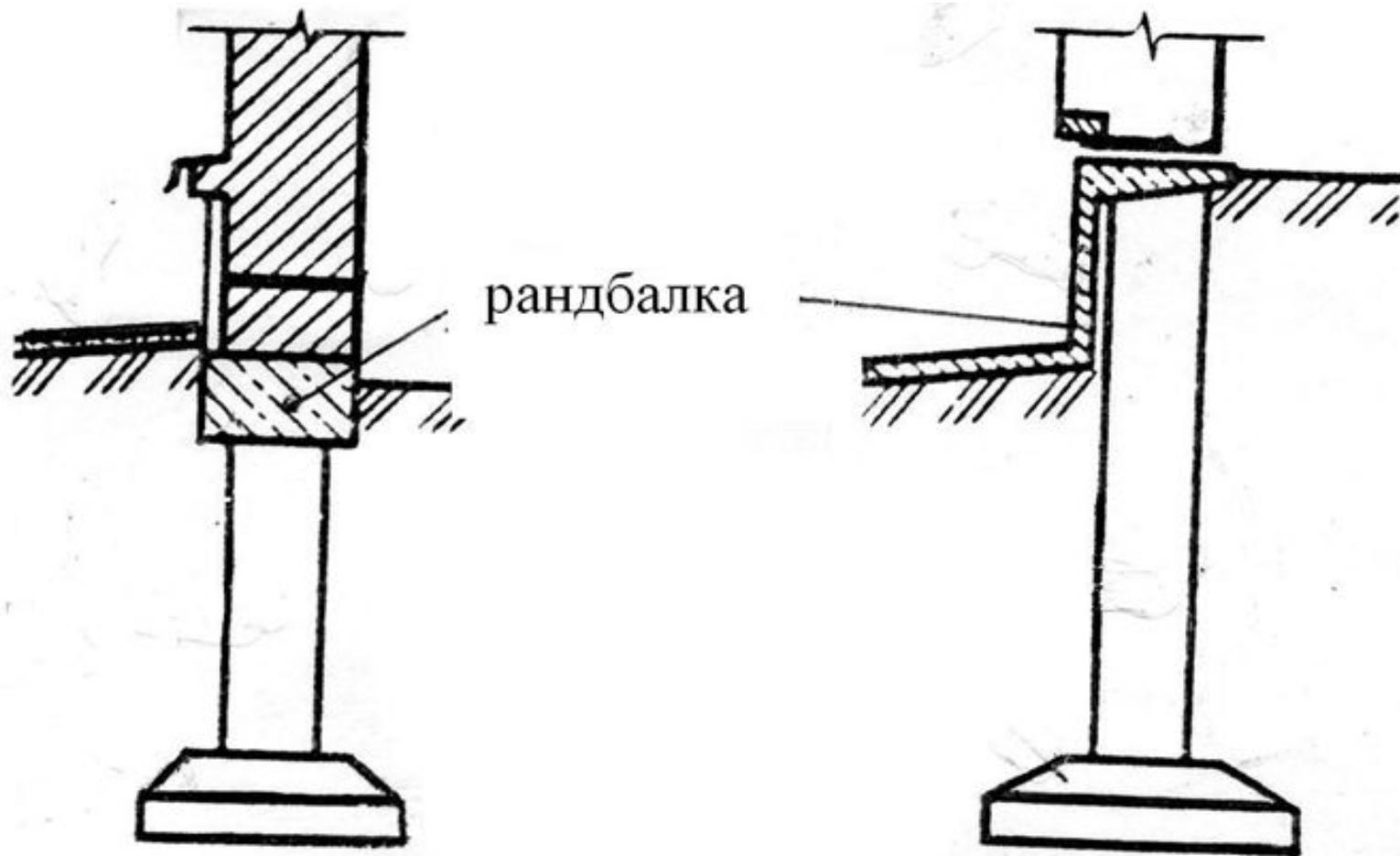


Отдельные фундаменты под кирпичную стену
(бесстаканный, столбчатый).

Применяется для малоэтажных зданий,
при хороших грунтовых условиях для частного
индивидуального строительства.



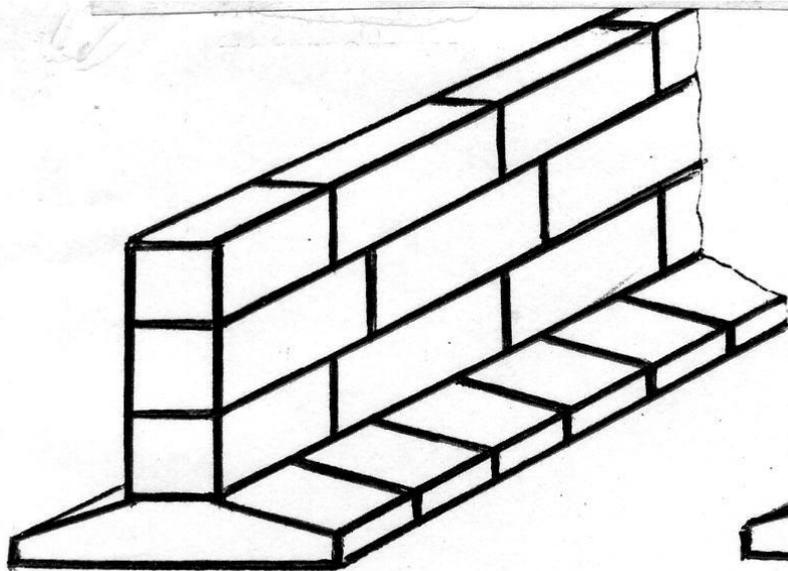
Поперечные сечения столбчатых фундаментов



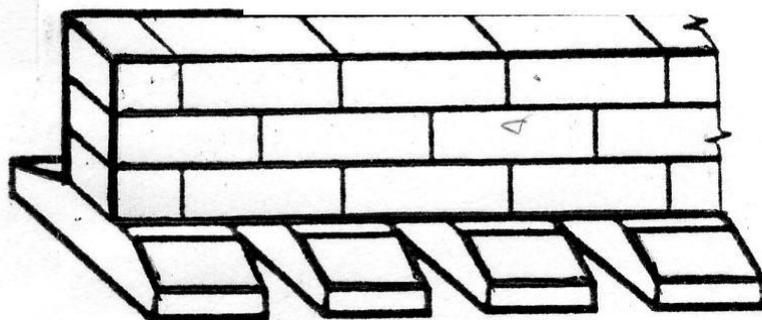
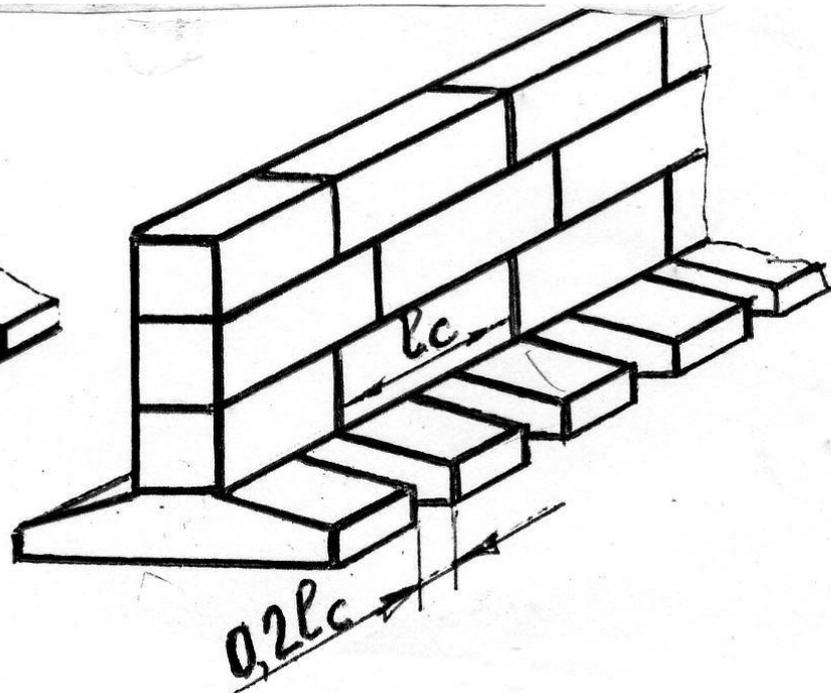
из сборных
столбов и
рандбалок

с рандбалкой
Z-образного
сечения

Сборный ленточный фундамент под стену.



с непрерывной подушкой

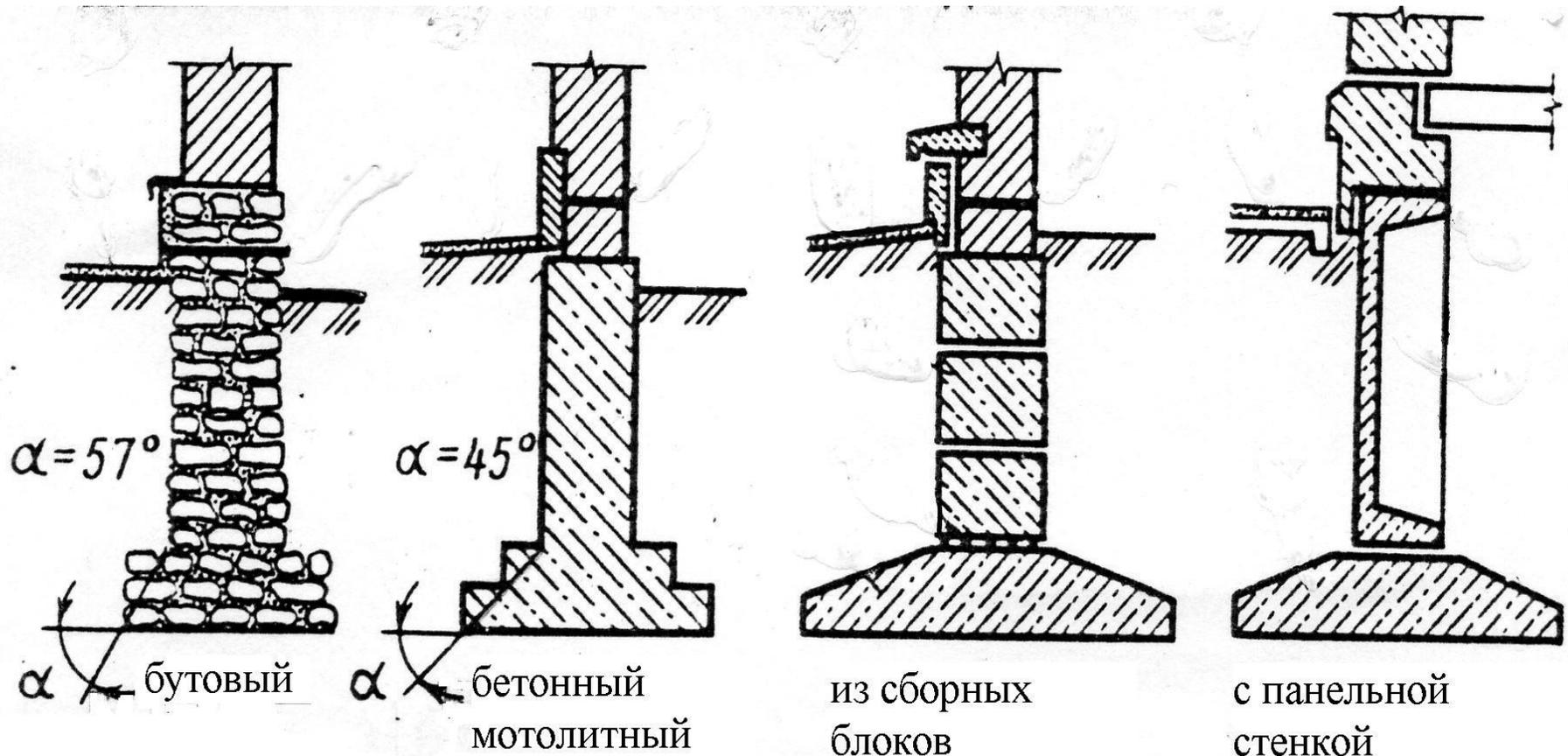


с прирывистой подушкой

Поперечные сечения ленточных фундаментов.

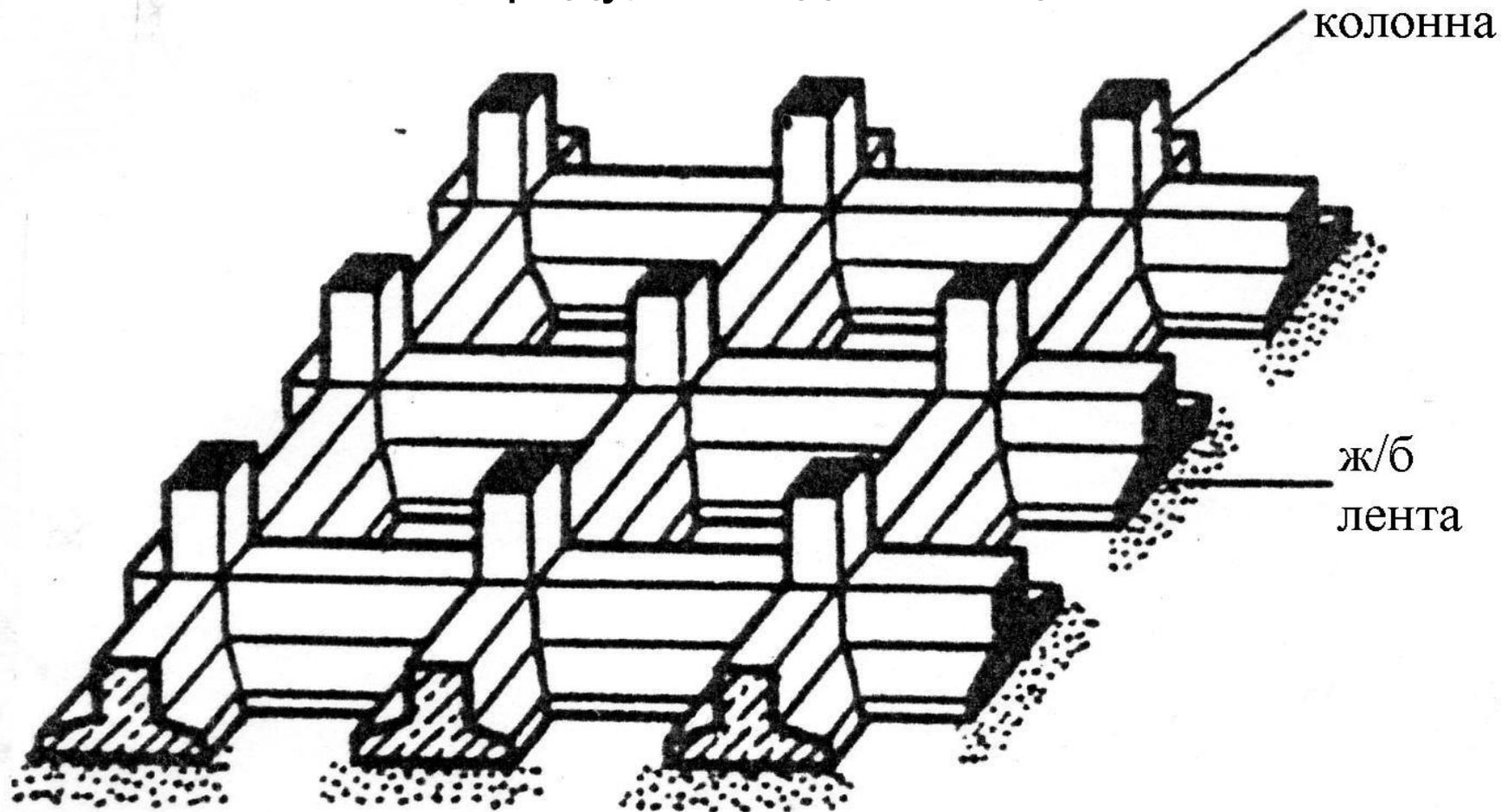
Ленточные фундаменты иногда называют непрерывными.

Применяются при равномерной нагрузке от стен на грунт, и постоянных, вдоль стены, грунтовых условиях. Изменение размеров глубины заложения возможно только на отдельных участках ограниченной длины.



Перекрёстные ленточные фундаменты под колонны.

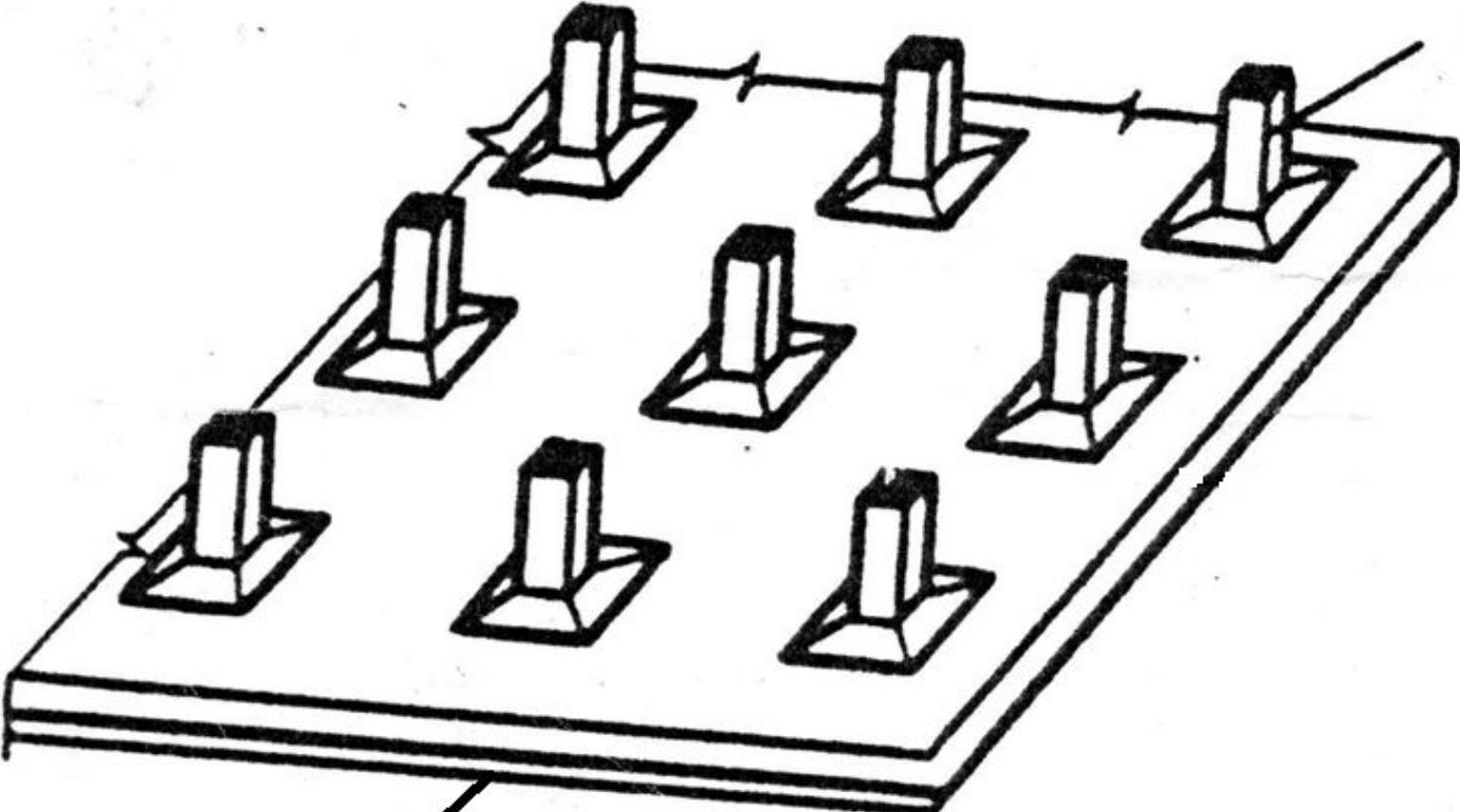
Применяется при малом шаге колонн, при больших нагрузках и слабых грунтах. Перекрестные ленты позволяют выравнять осадку не только отдельных колонн в ряду, но и здания в целом.



Сплошной плитный (гладкий) фундамент.

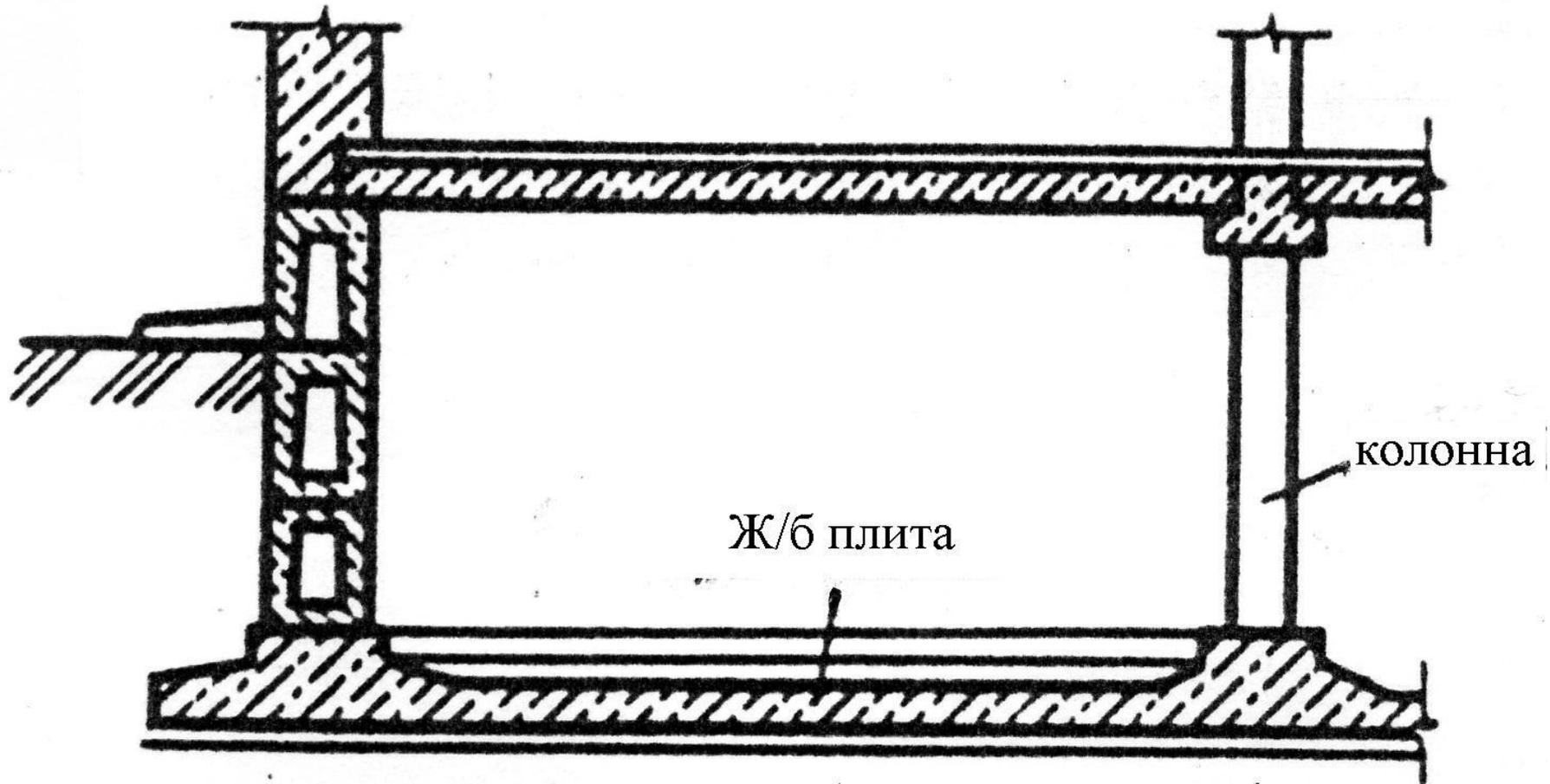
Фундаменты в виде сплошной плиты, как под колонны, так и под кирпичные стены устраивают под всем сооружением или его частью в виде ж/б плит под сетку колонн и стен. Такие фундаменты работают на изгиб в двух взаимно перпендикулярных направлениях, имеют небольшую равномерную осадку, им не страшно подтопление поверхностными водами, а также они защищают подвальные части здания. Размеры таких фундаментов обусловлены размерами сооружения в плане.

КОЛОННА

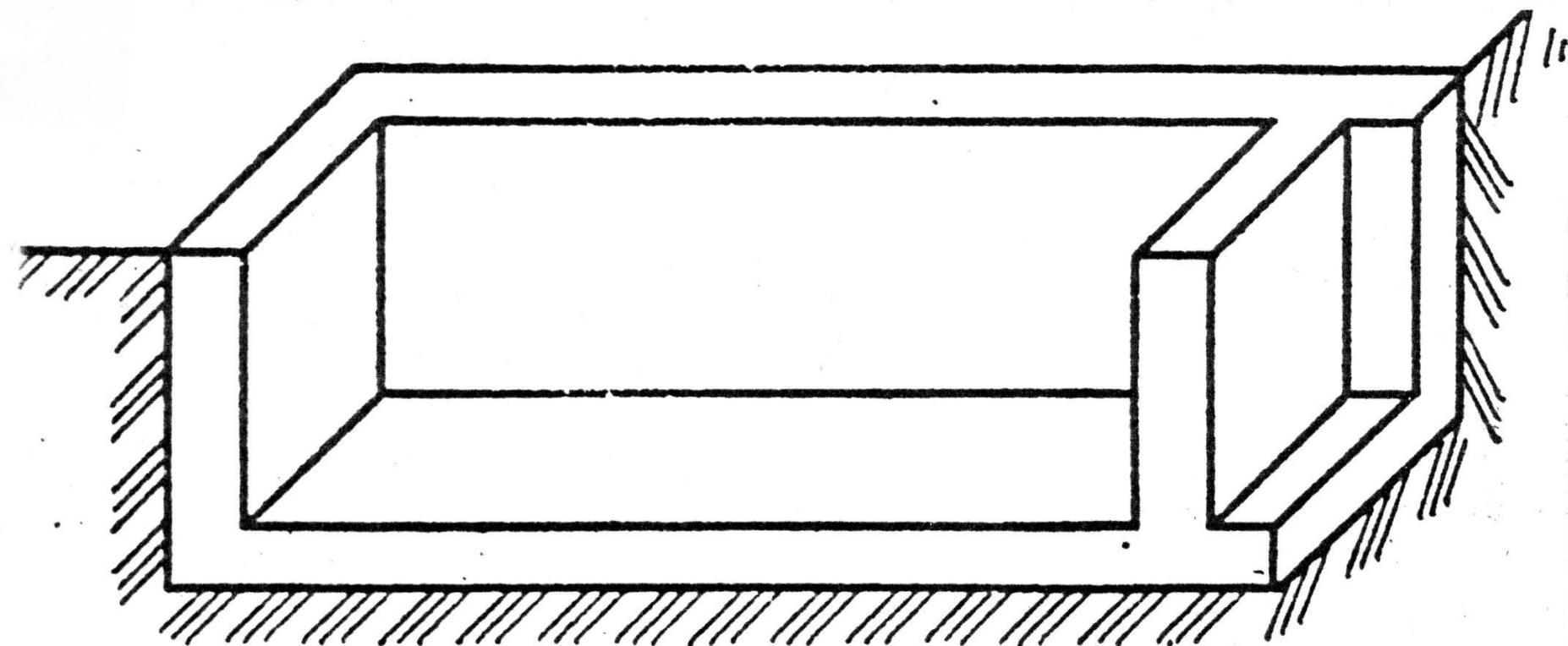


бетонная
подготовка

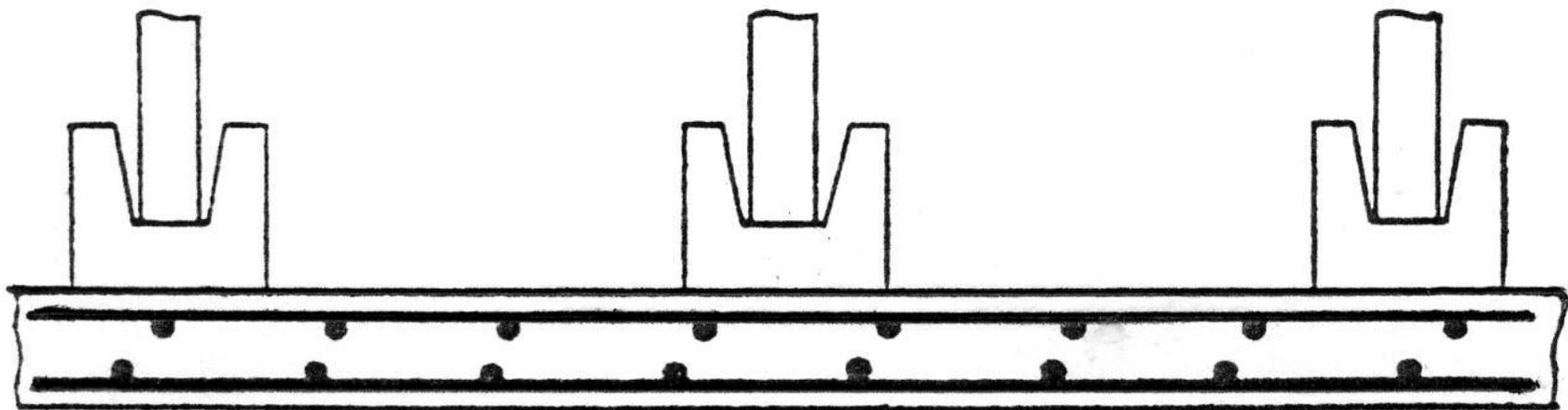
Сплошной плитный (гладкий) фундамент



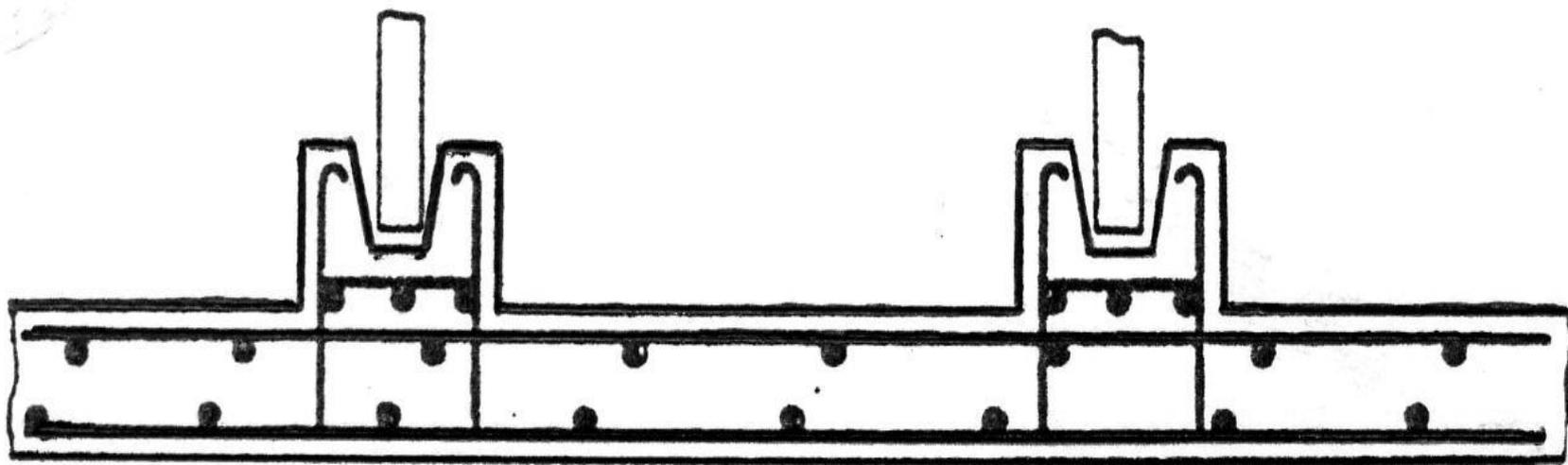
Фундамент в виде сплошной плиты



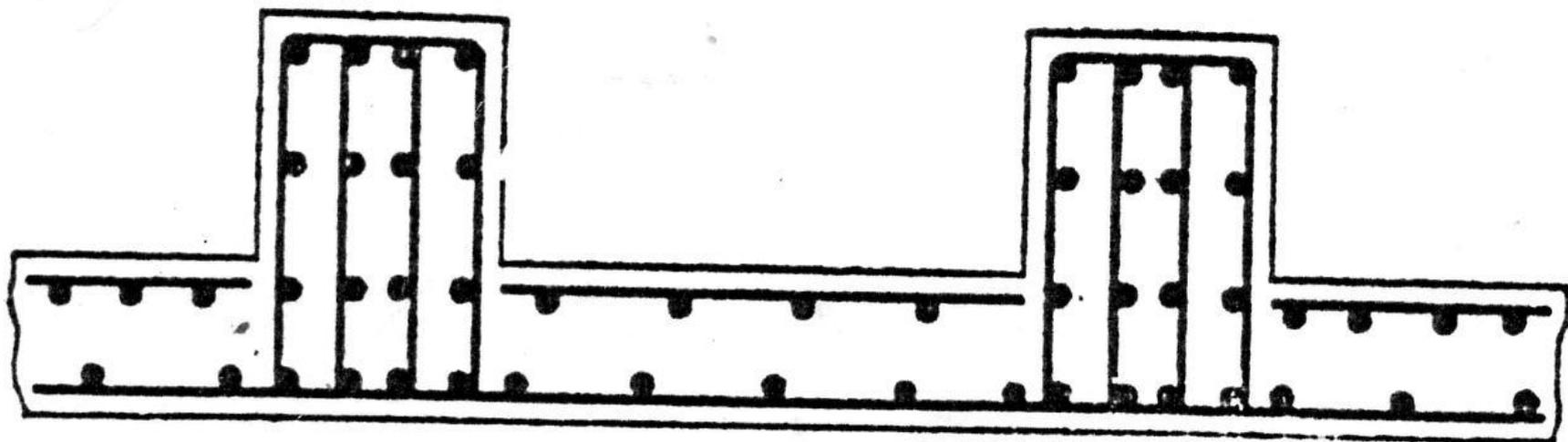
Плитные фундаменты со сборными стаканами



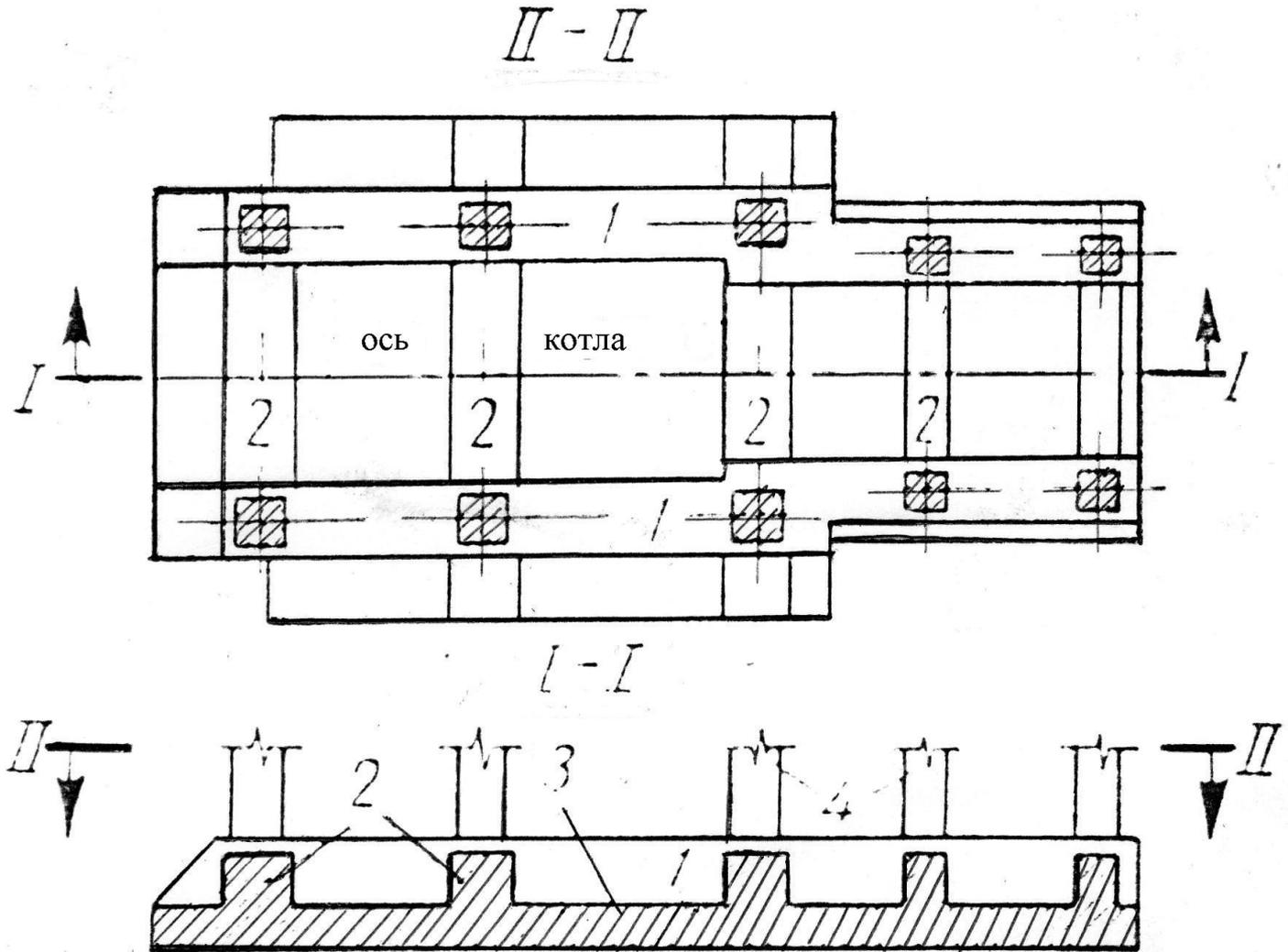
Плитный фундамент с монолитными стаканами



Плитный ребристый фундамент

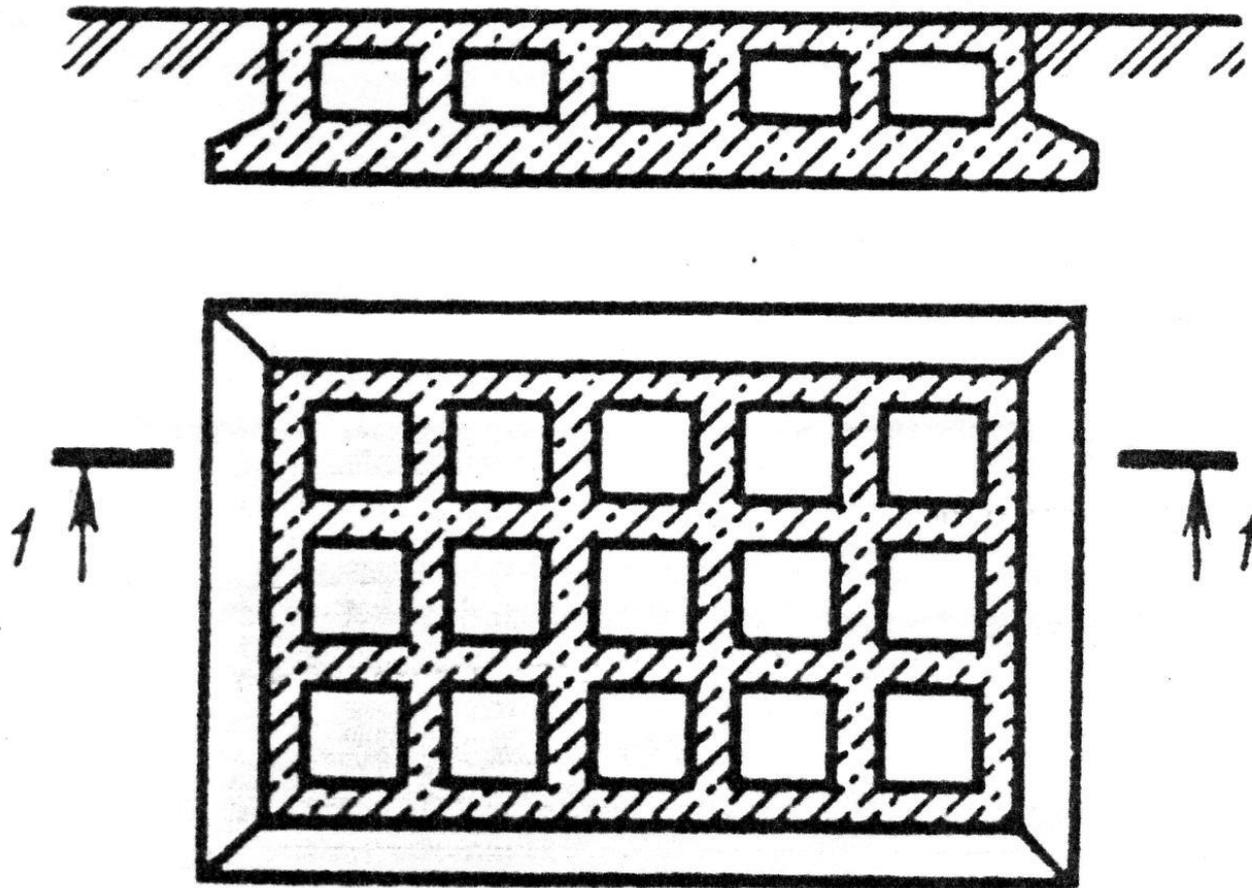


Сплошной фундамент под группу колонн



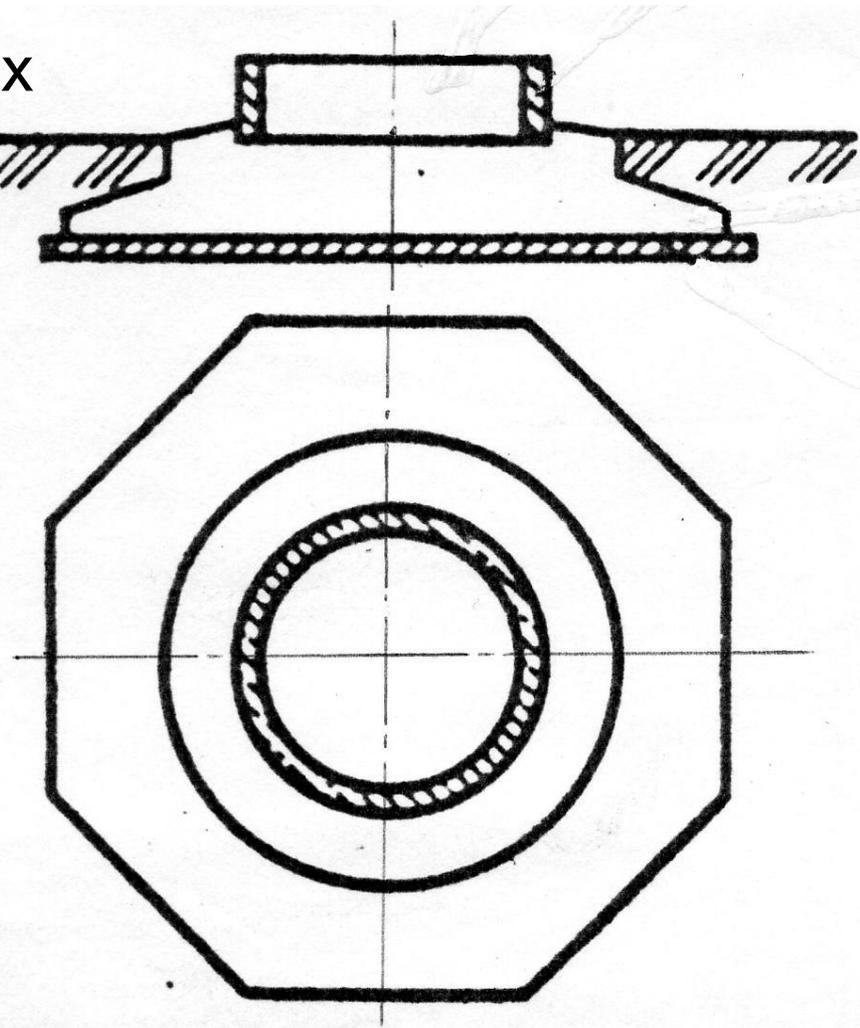
Сплошной коробчатый фундамент

1 - 1

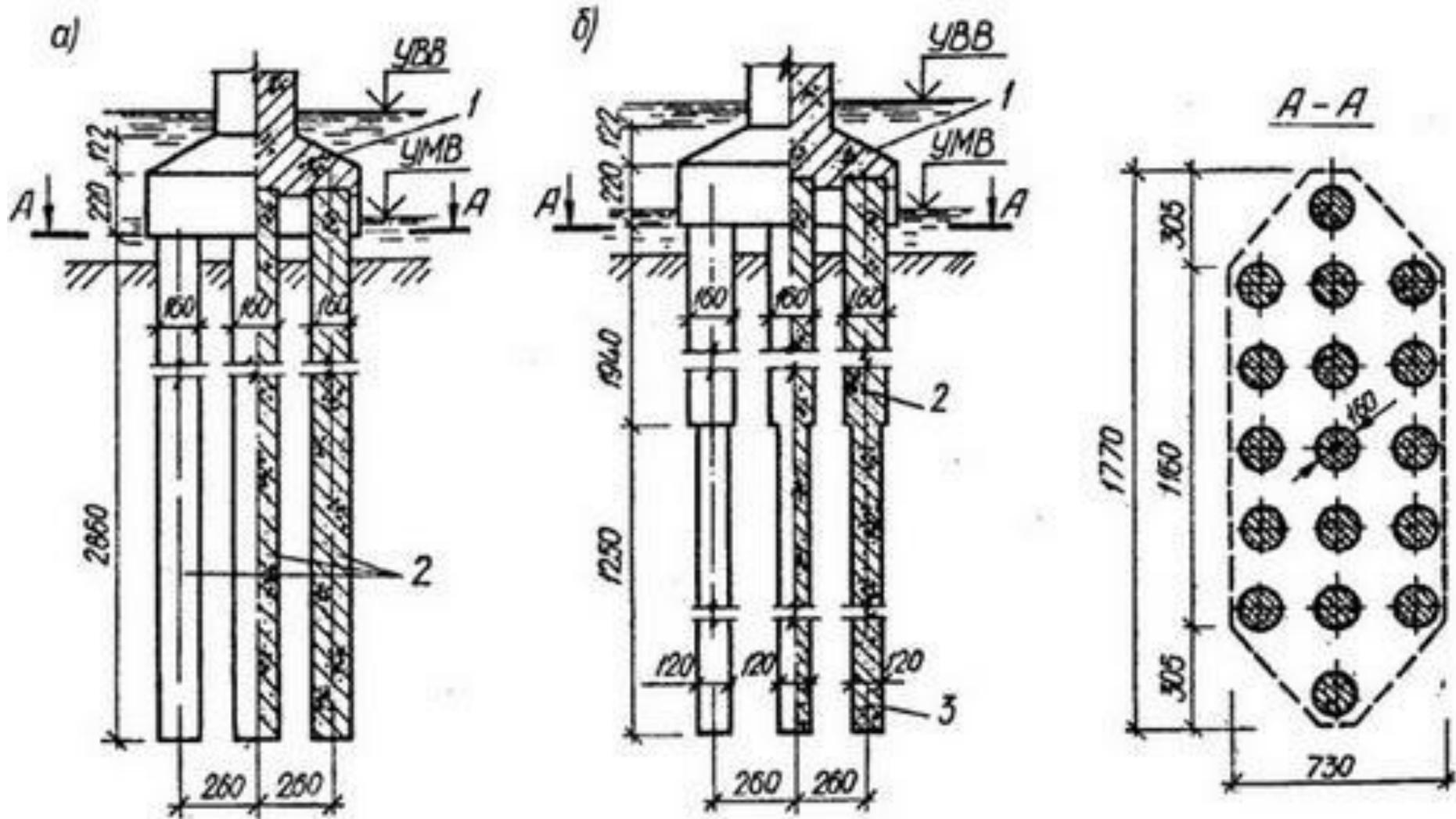


Массивный фундамент под доменную печь

Массивные фундаменты - это фундаменты массивных сооружений с массивной подземной частью (фундаменты плотин, мостовых опор, доменных печей, дымовых труб, под машинное оборудование с динамическими нагрузками). Они создают большую инерцию, препятствуют колебаниям, уменьшают амплитуду, скорость и т.д.



Фундаменты русловых опор совмещенного моста



а — из свай-оболочек; б — из бурообсадных свай; 1 — ростверк; 2 — свай-оболочки, заполненные бетоном;

3 — ствол буронабивной сваи

Фундамент доменной плиты

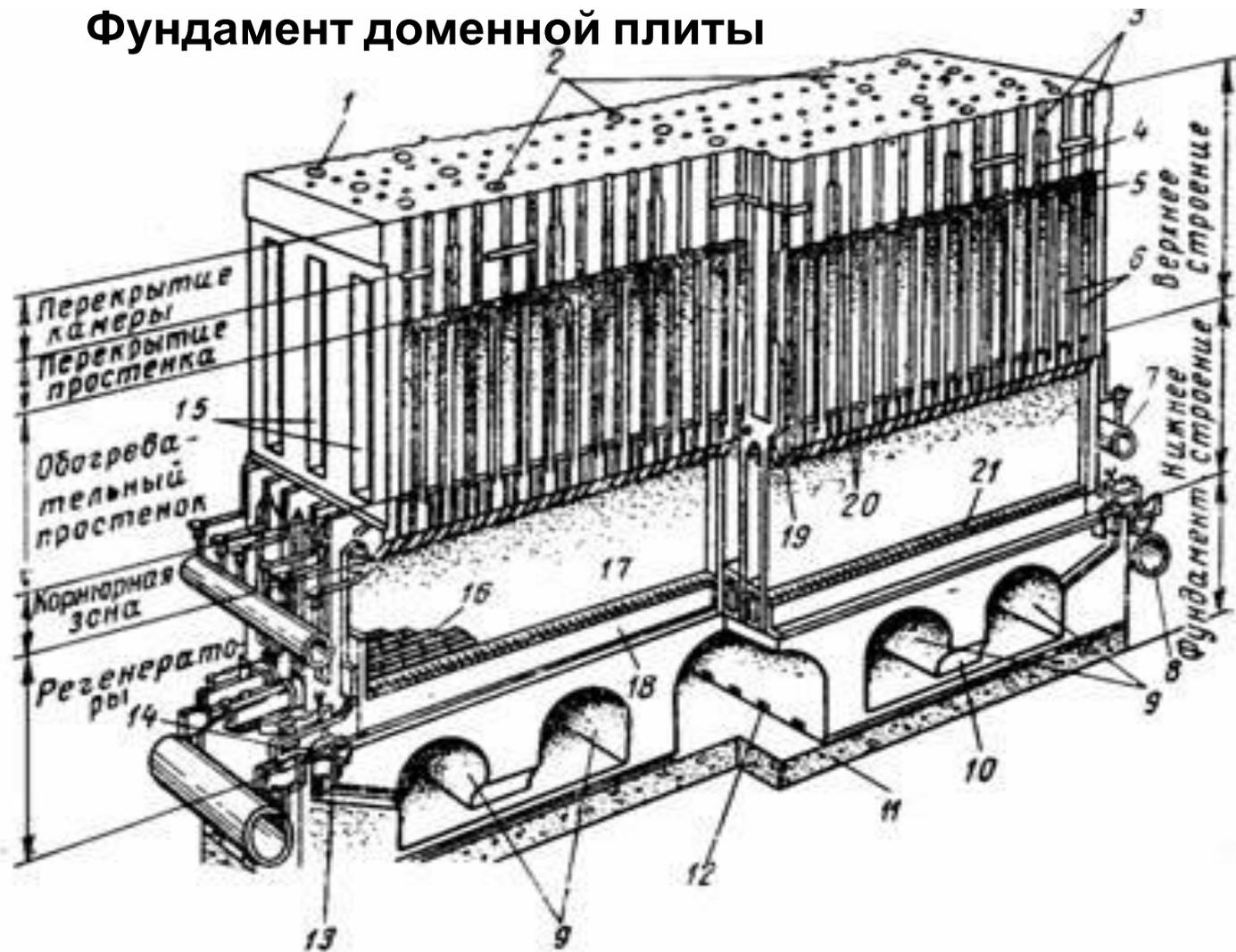
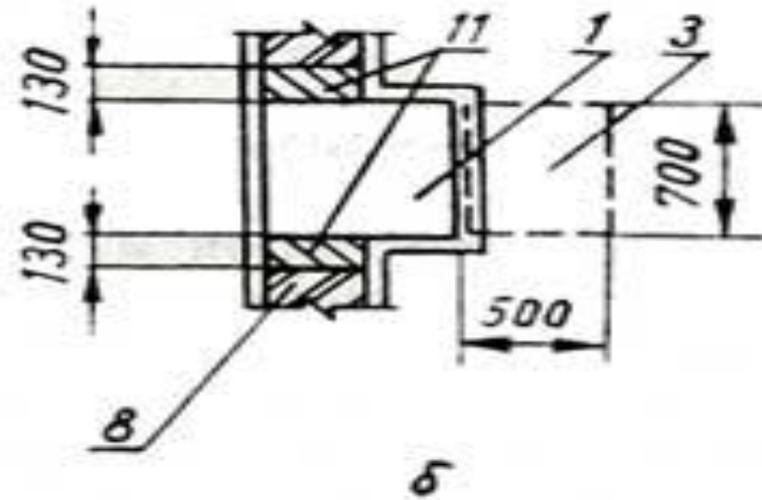
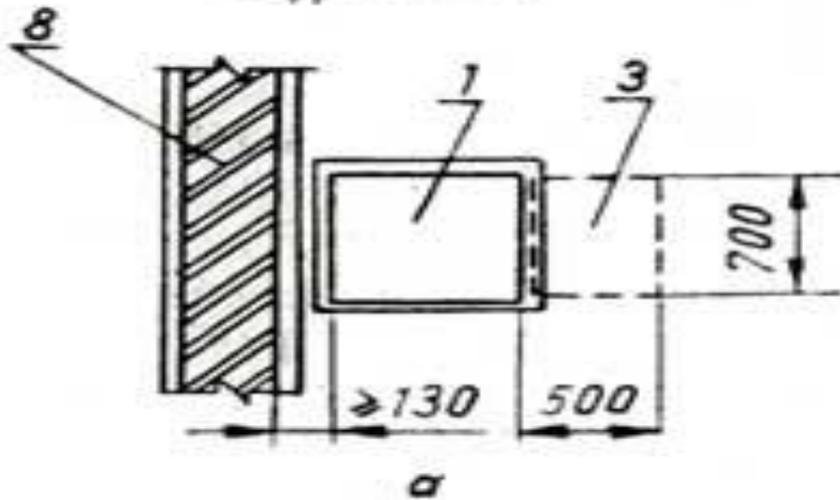
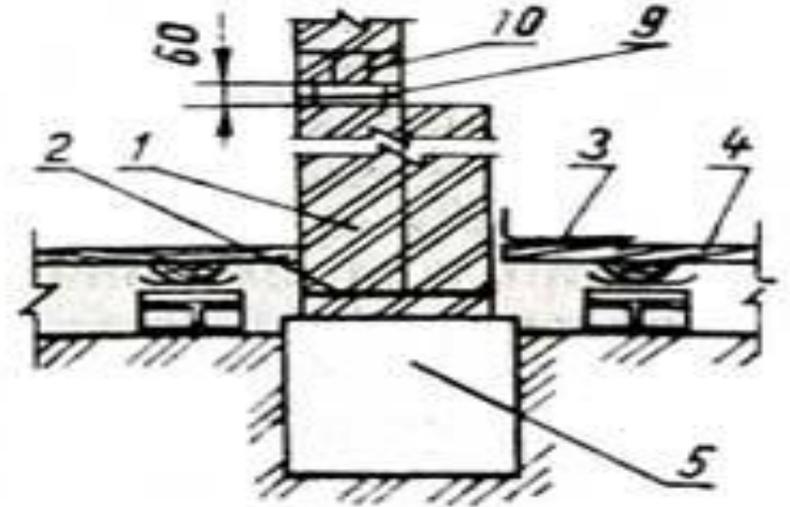
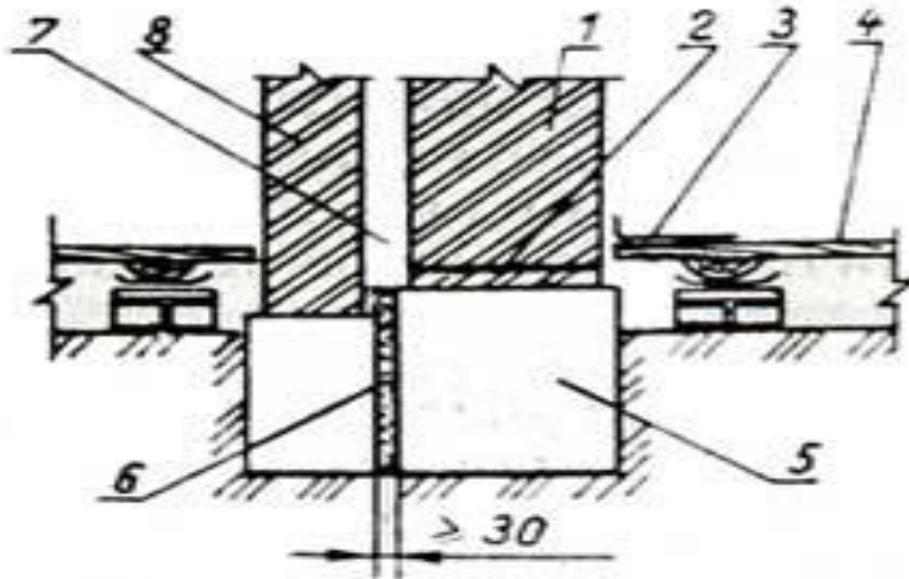


Рис. 4. Основные конструктивные элементы кладки коксовой батареи:

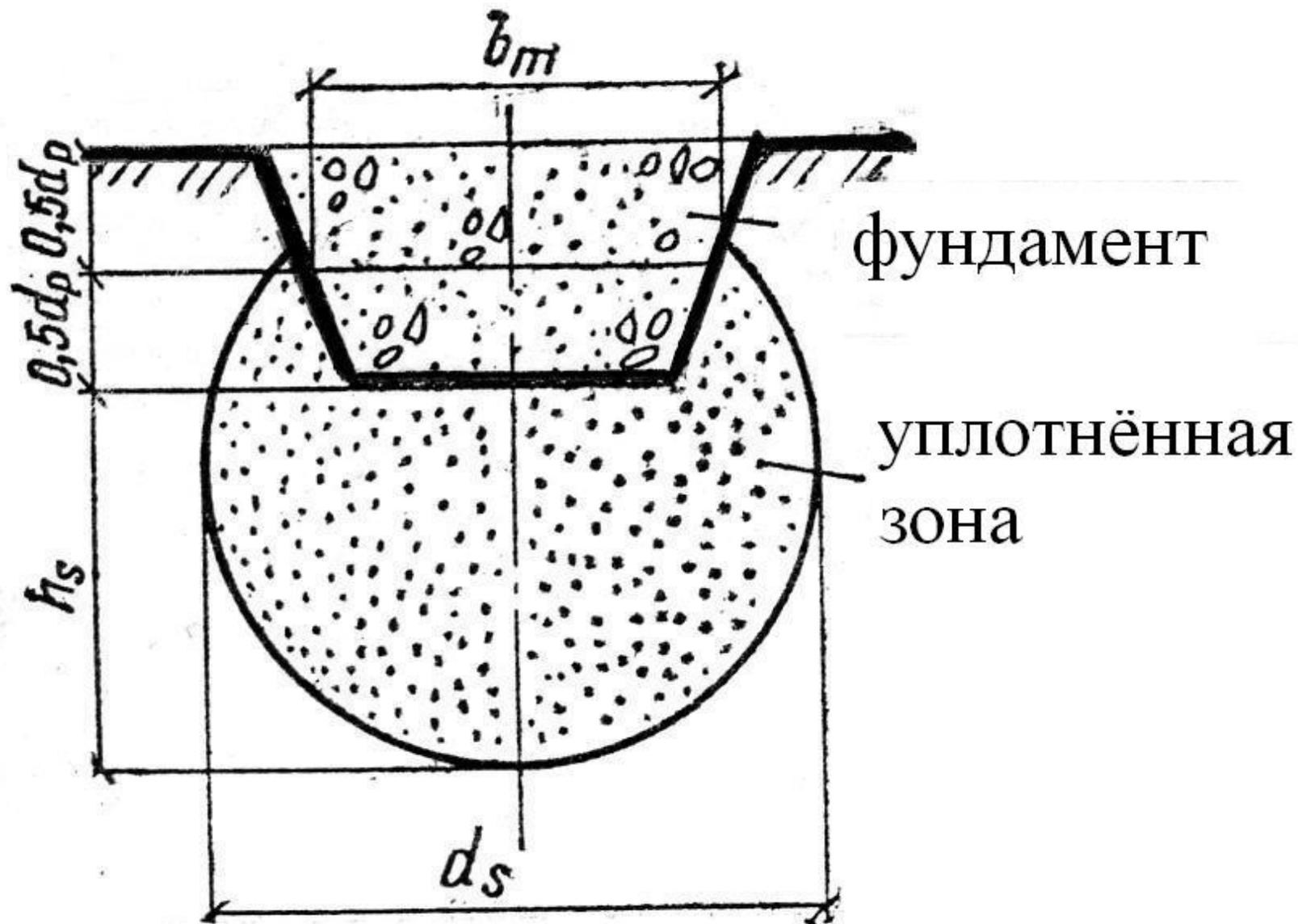
1 — газоотводящие люки, 2 — загрузочные люки, 3 — смотровые шахточки, 4 — перекидной канал, 5 — сборный горизонтальный канал, 6 — вертикал, 7 — газопровод коксового газа, 8 — газопровод доменного газа, 9 — борова, 10 — соединительные окна, 11 — фундаментная плита, 12 — вентиляционный канал, 13 — дымовой канал, 14 — газозвоздушный клапан, 15 — камера коксования, 16 — насадка регенератора, 17 — регенератор, 18 — подовый канал, 19 — корнюр, 20 — косые ходы, 21 — колосниковая решетка

Основания под печи, располагаемые в нижнем этаже здания

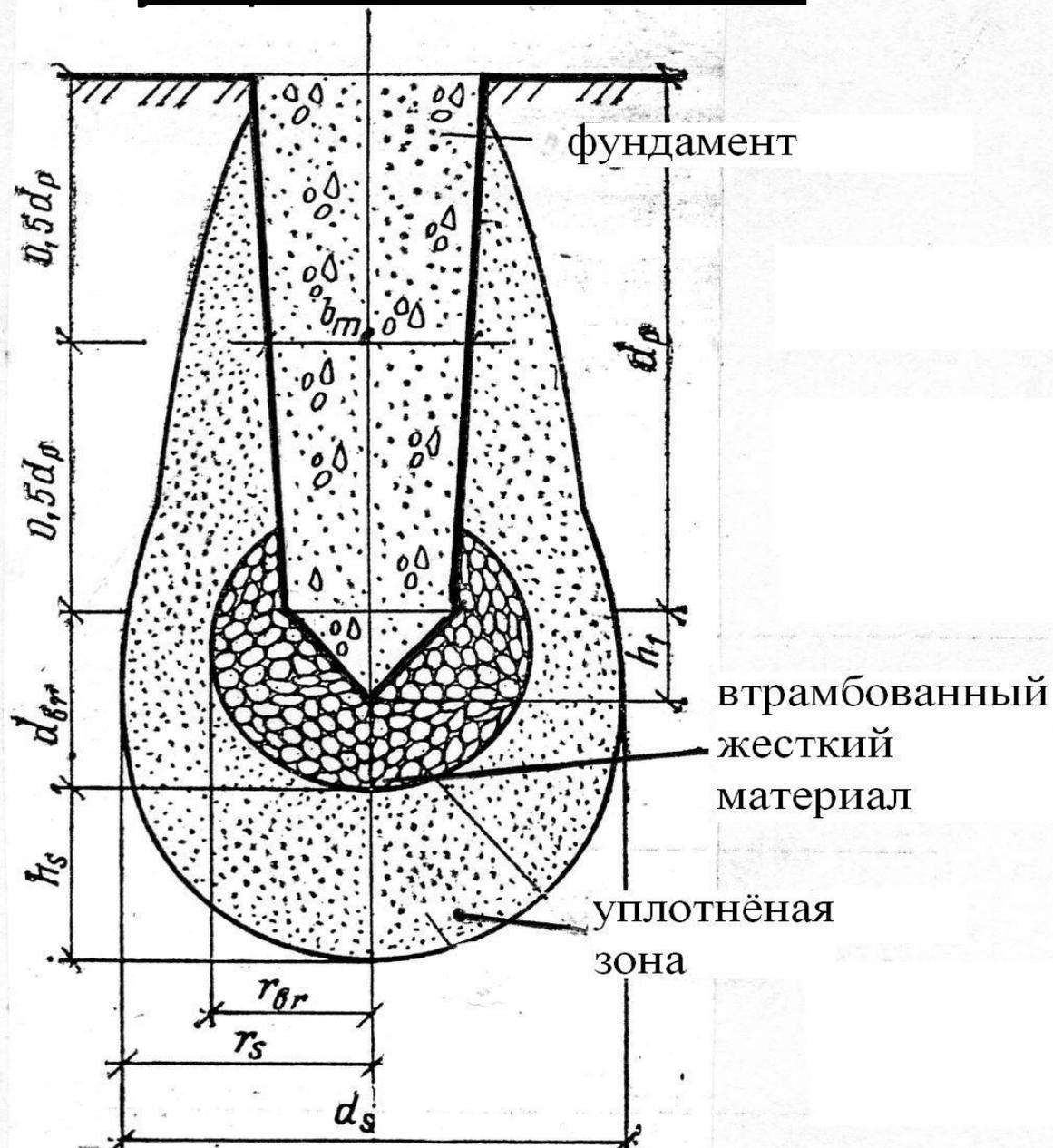


а - у каменных стен здания; б - в проемах стен на уширении их фундаментов 1 - печь; 2 - гидроизоляция; 3 - предтопочный стальной лист; 4 - деревянный пол; 5 - кирпичный бутовый или бетонный фундамент; 6 - песок; 7 - открытая отступка; 8 - кирпичная стена; 9 - заделка раствором; 10 - перемычки стены; 11 - глухая разделка толщиной в полкирпича.

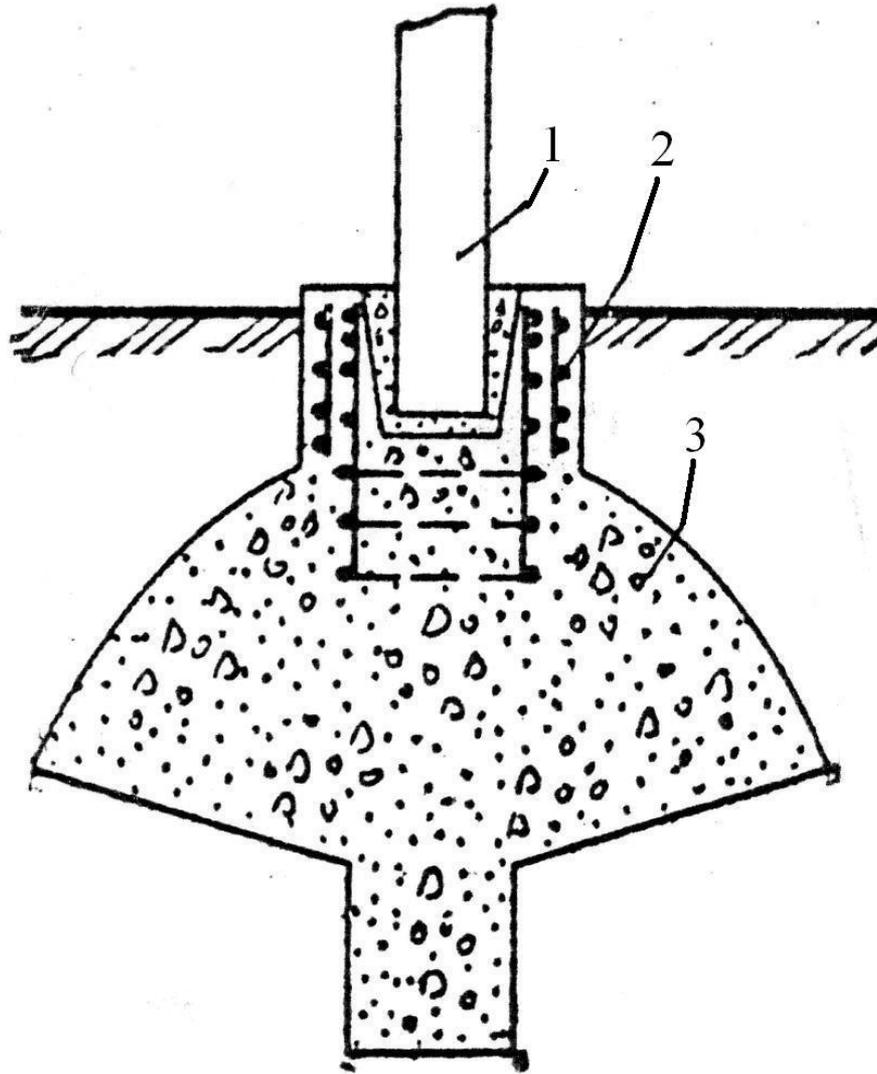
Фундамент в вытрамбованном котловане



Фундамент в вытрамбованном котловане с уширенным основанием

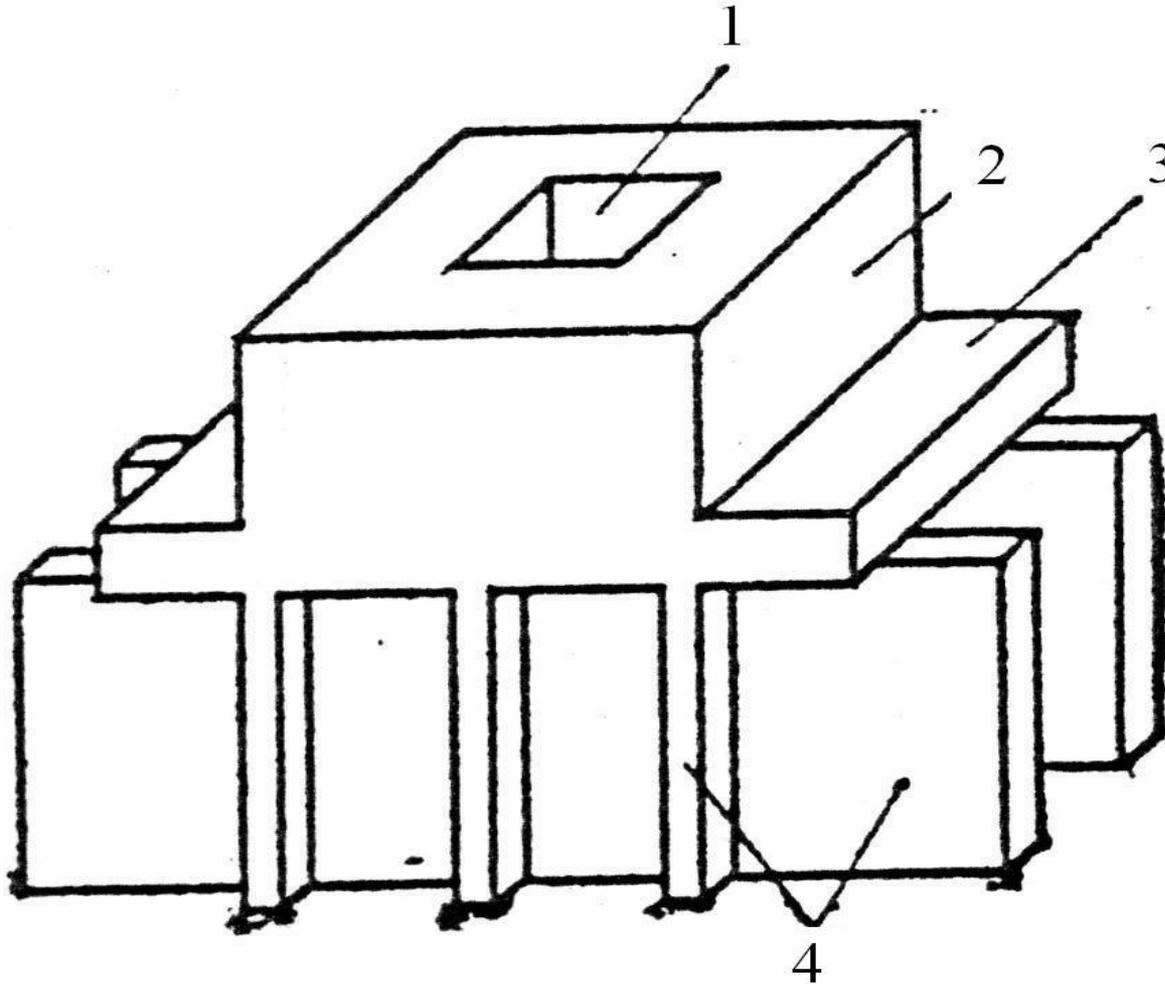


Буробетонный фундамент



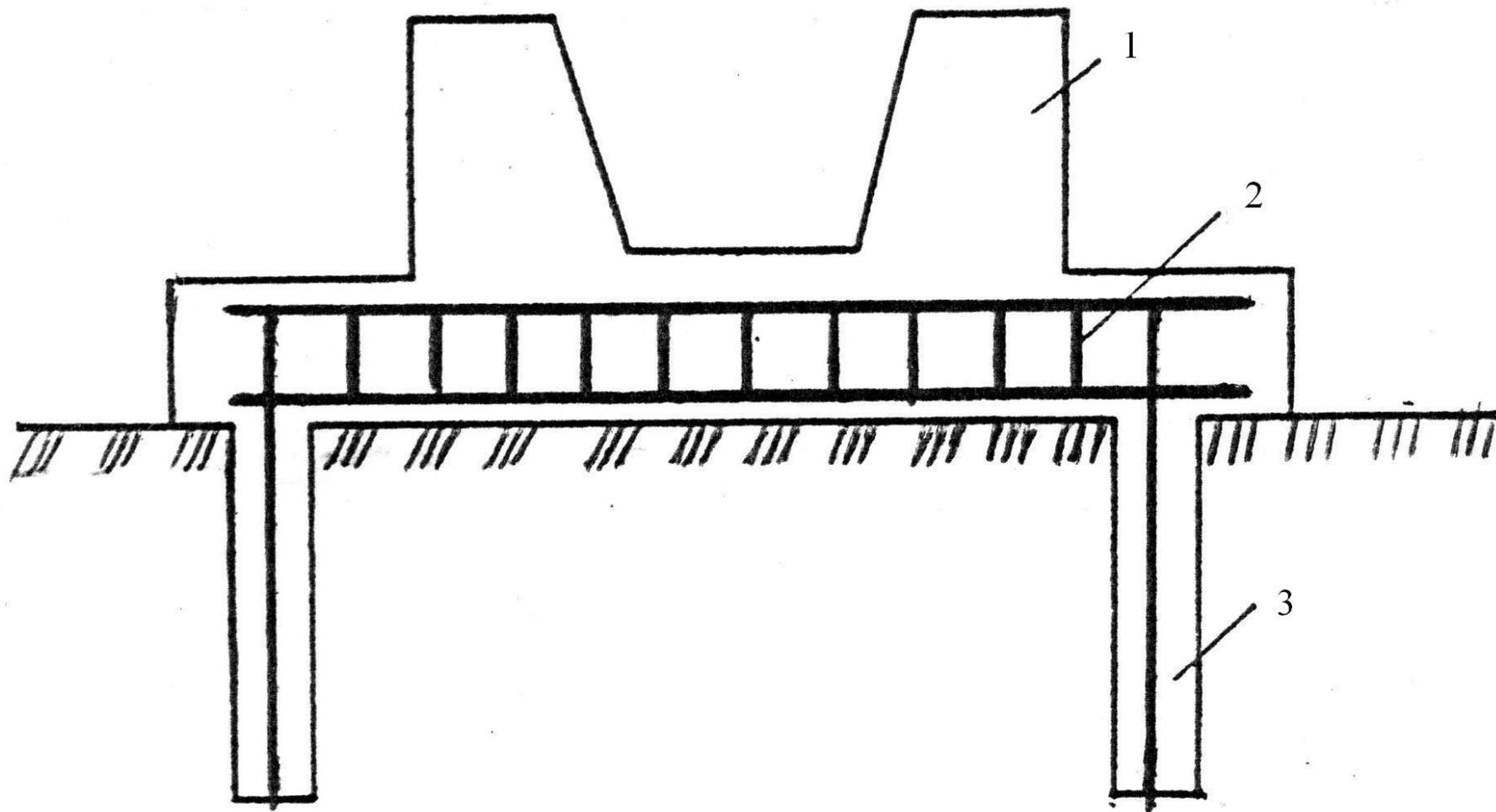
1-колонна; 2-арматурный карас;
3-фундамент

Щелевой фундамент



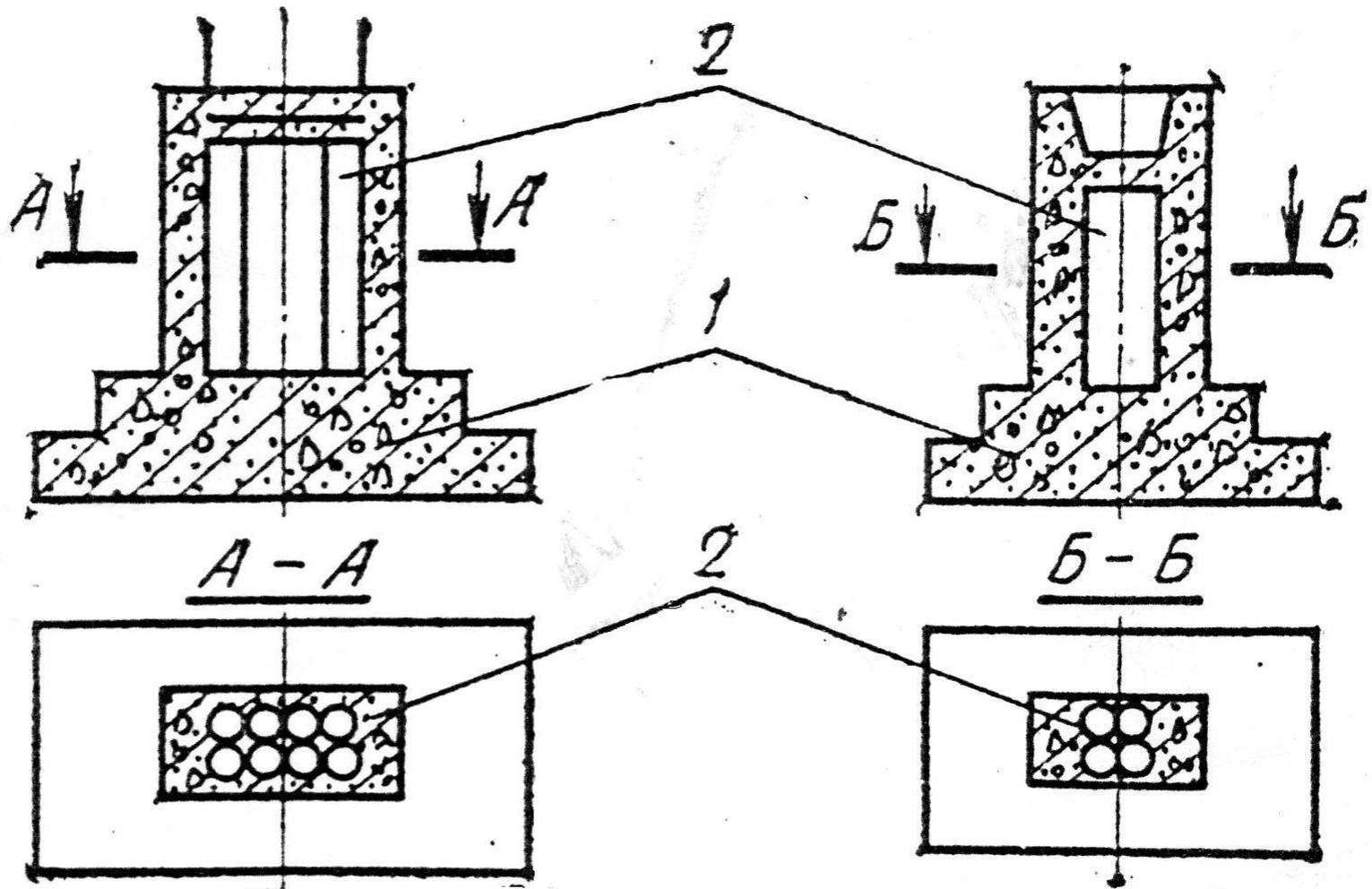
1-стакан; 2-подколонник; 3-плитная часть; 4-бетонные пластины

Фундамент с анкерами



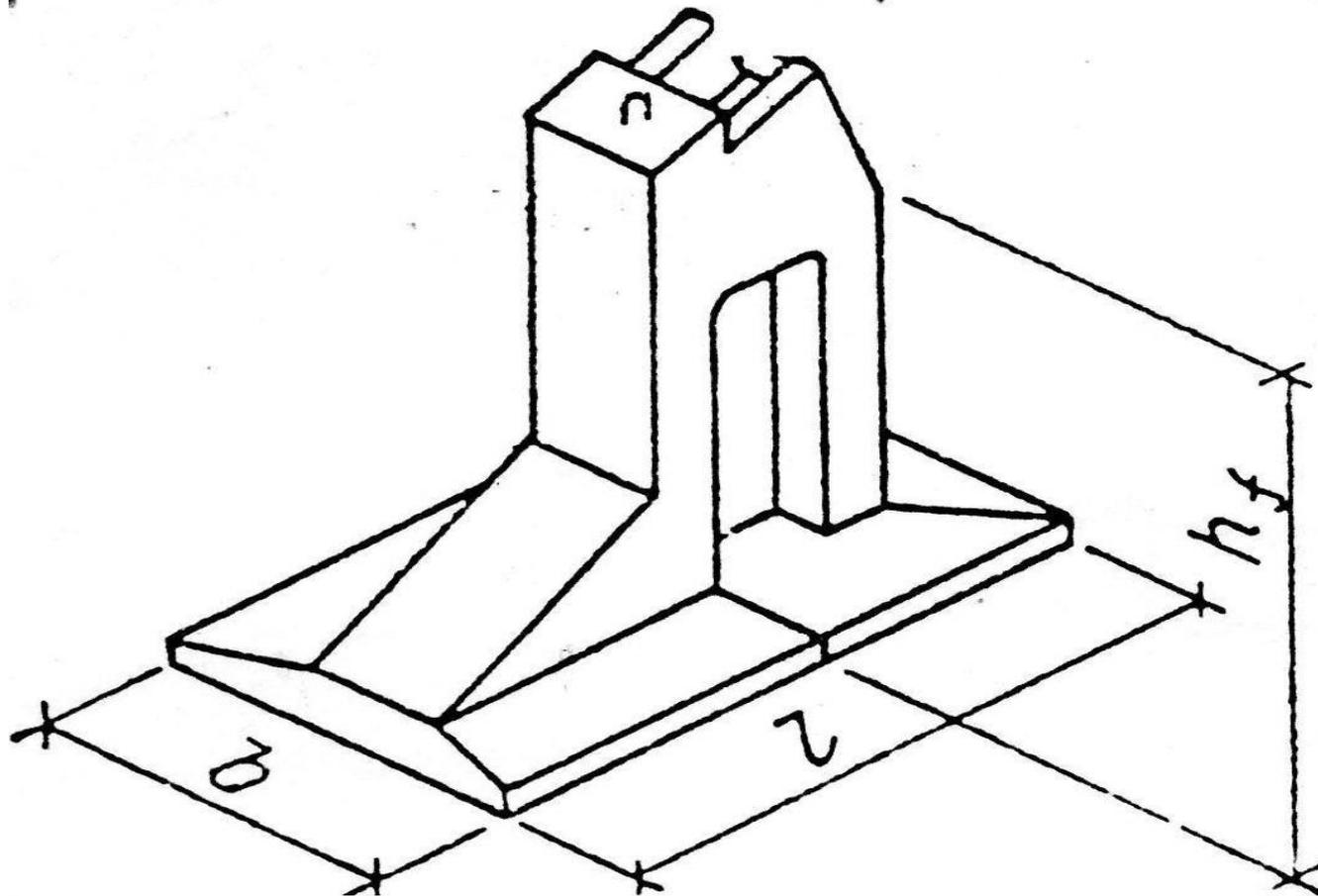
1-фундамент; 2-арматурный каркас; 3-анкер

Фундаменты с пустотообразователями



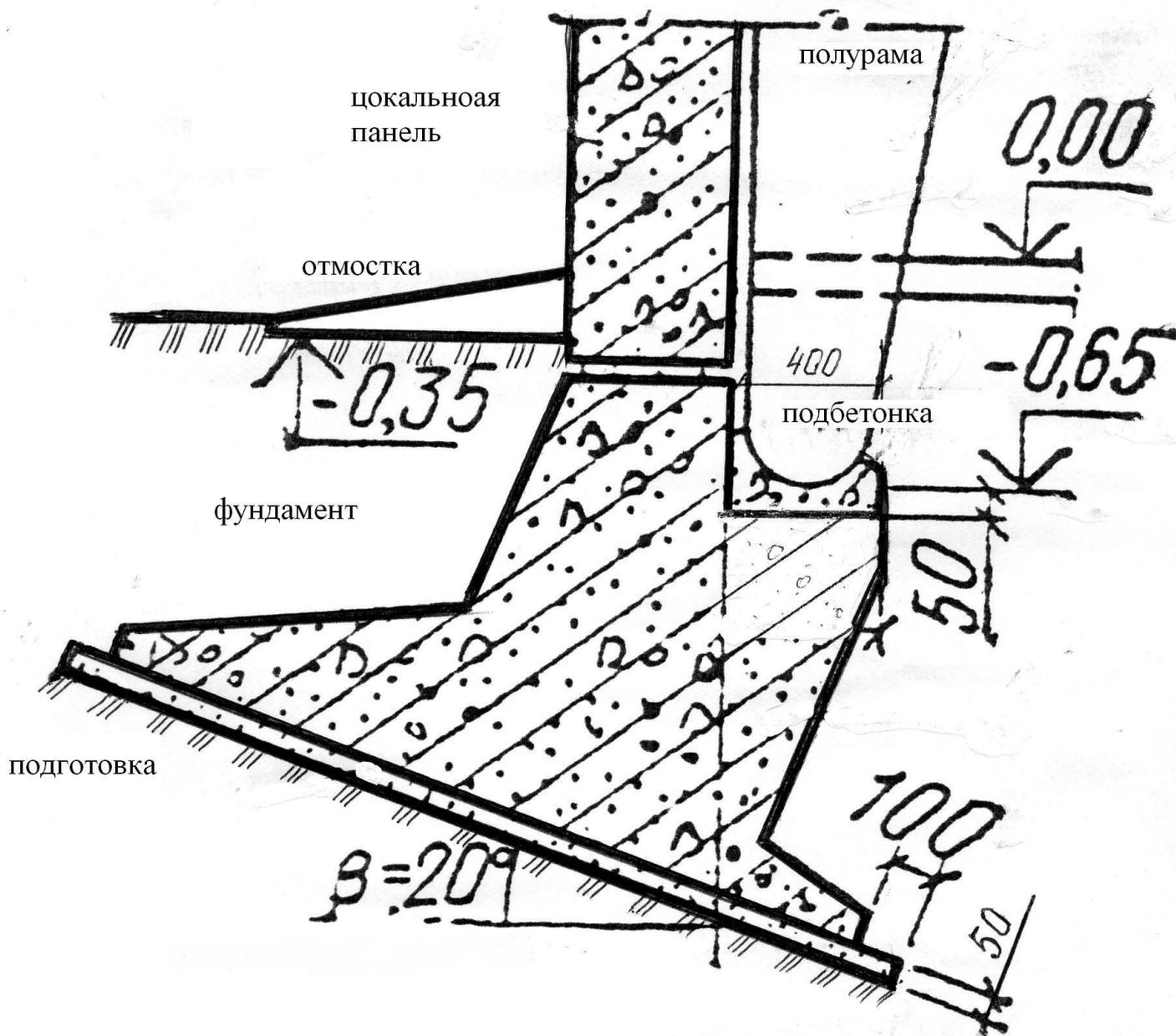
—1-фундамент; 2-пустотообразователи

Фундамент с наклонной подошвой для зданий с ЖБ рамами

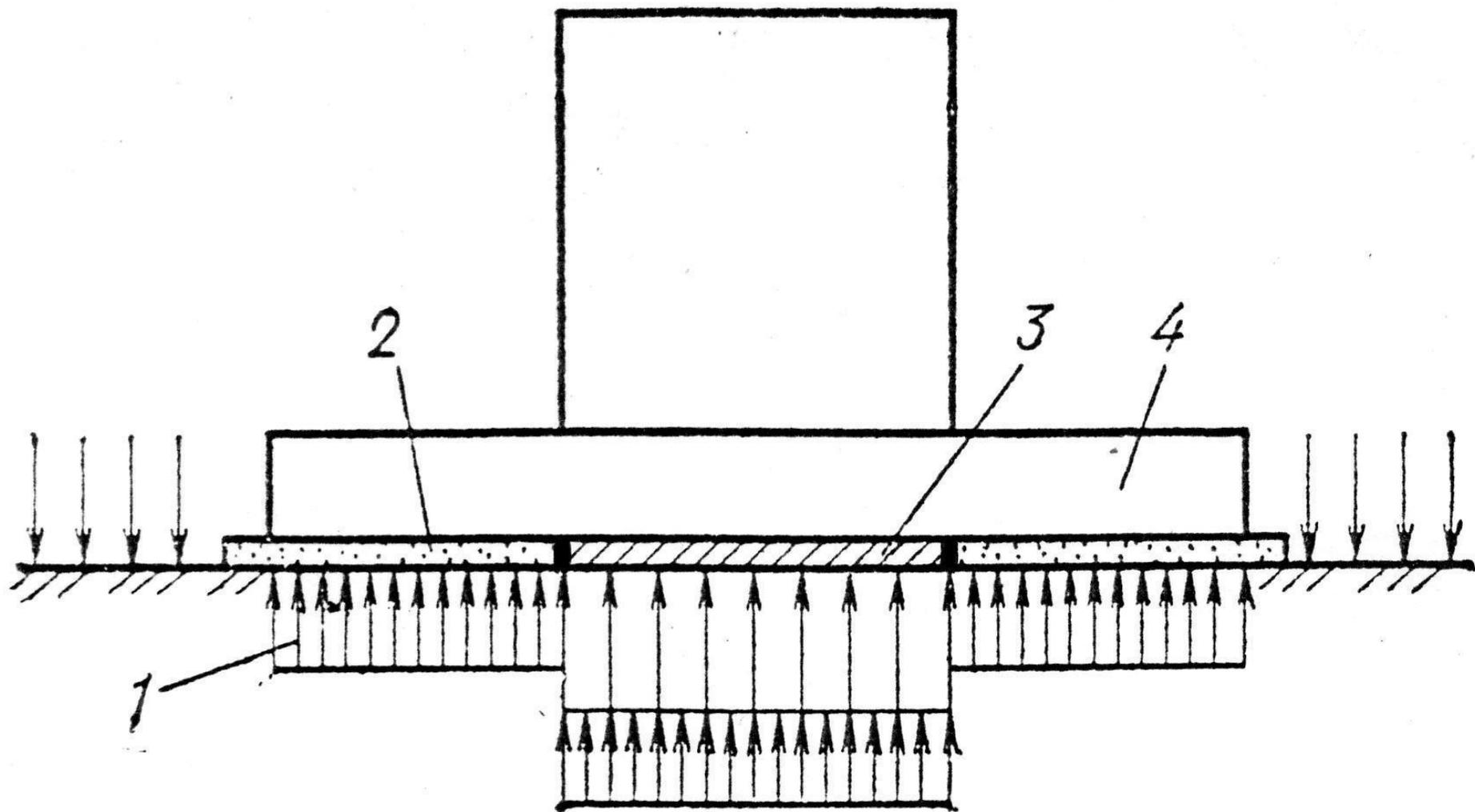


Использование наклонной подошвы позволяет исключить трудоёмкие подбетонки, устраиваемые так же с наклонной нижней гранью. Для восприятия наклонных нагрузок.

Узел опирания рамы и панели на фундамент с наклонной подошвой



Фундамент на промежуточной подготовке



1-эпюра контактных давлений; 2-рыхлый песок;
3-бетон; 4-фундамент

Вид и глубина заложения фундамента зависят от инженерно-геологических условий строительства.

Схематично, все грунты **условно** делят на слабые и надежные (хорошие).

К **хорошим** относятся грунты со сравнительно высокими значениями ϕ , c и E , при которых подошва фундаментов рассматриваемого сооружения не требует больших выносов за габариты несущей конструкции, а осадки фундаментов заведомо меньше предельных.

Надежные и слабые грунты - это понятия относительные. Если сооружение легкое или его конструкции допускают развитие больших неравномерных осадок, то для него, даже сильно сжимаемые грунты будут относиться к категории надежных. А для тяжелых сооружений и при возведении конструкций не допускающих равномерных осадок, считаются слабыми грунты, обладающие средней сжимаемостью и считающимися хорошими в основаниях обычных сооружений.

Сдвиг фундаментов по подошве и расчет на опрокидывание.

Основные: нагрузки, действующие постоянно (вес частей здания и сооружения, в том числе вес несущих и ограждающих конструкций, вес и давление грунтов и т. д.).

Особые - статические, взрывные воздействия, нагрузки, вызванные резкими нарушениями технологического процесса неисправностью оборудования, воздействия, вызванные деформациями основания с коренным изменением структуры грунта (при замачивании лессовых просадочных грунтов) или оседания его в карстовых районах или районах горных выработок.

Временные- длительные, кратковременные и особые.

Эти виды деформации могут произойти при действии горизонтальных нагрузок.

При недопустимости отрыва части подошвы от основания, когда равнодействующая проходит внутри ядра сечения подошвы фундамента, опрокидывание невозможно, поэтому проверку на опрокидывание не проводят.

Устойчивость фундамента на сдвиг по подошве рассчитывается по I группе предельных состояний. Такой сдвиг называется **плоским сдвигом фундамента**.

$$F \leq \gamma_c \times F_u / \gamma_n,$$

где F – расчетная сила, передаваемая на основание от основного и особого сочетания нагрузок;

γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от вида грунта; $\gamma_c = 0,8-1$;

F_u – сила предельного сопротивления основания;

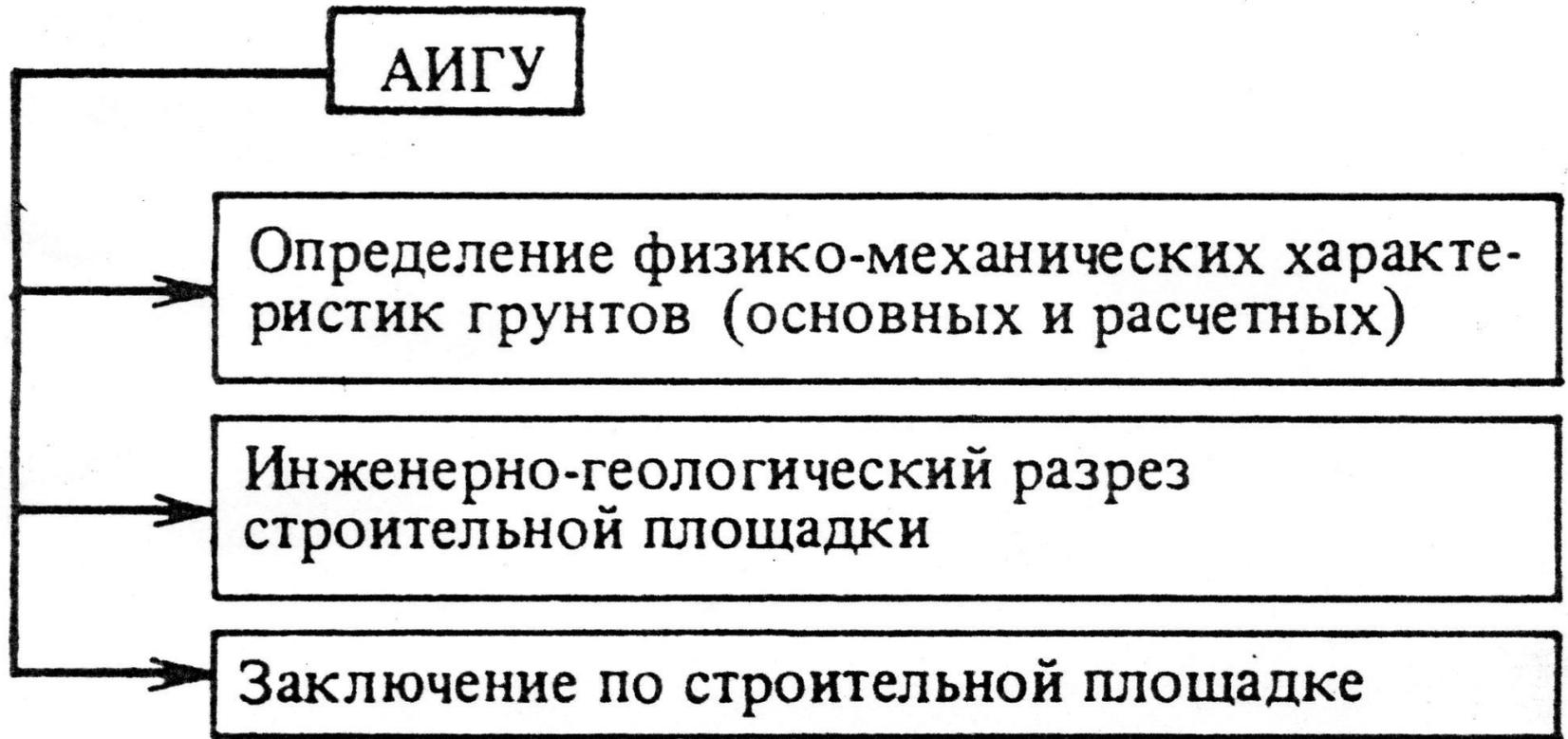
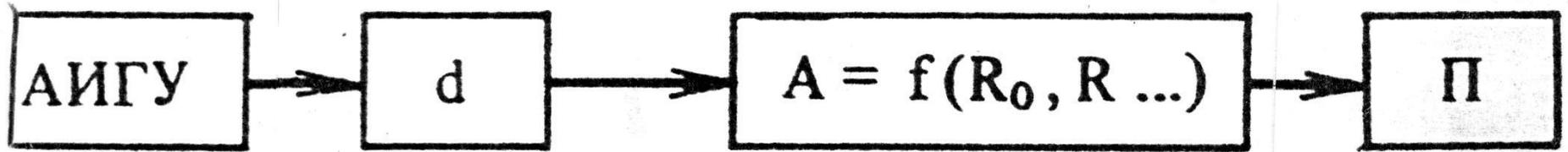
γ_u – коэффициент надежности в зависимости от класса сооружения; $\gamma_u = 1,1-1,2$.

$$F = (F_{\text{vol}} + F_{\text{f.g.l}}) \times f ,$$

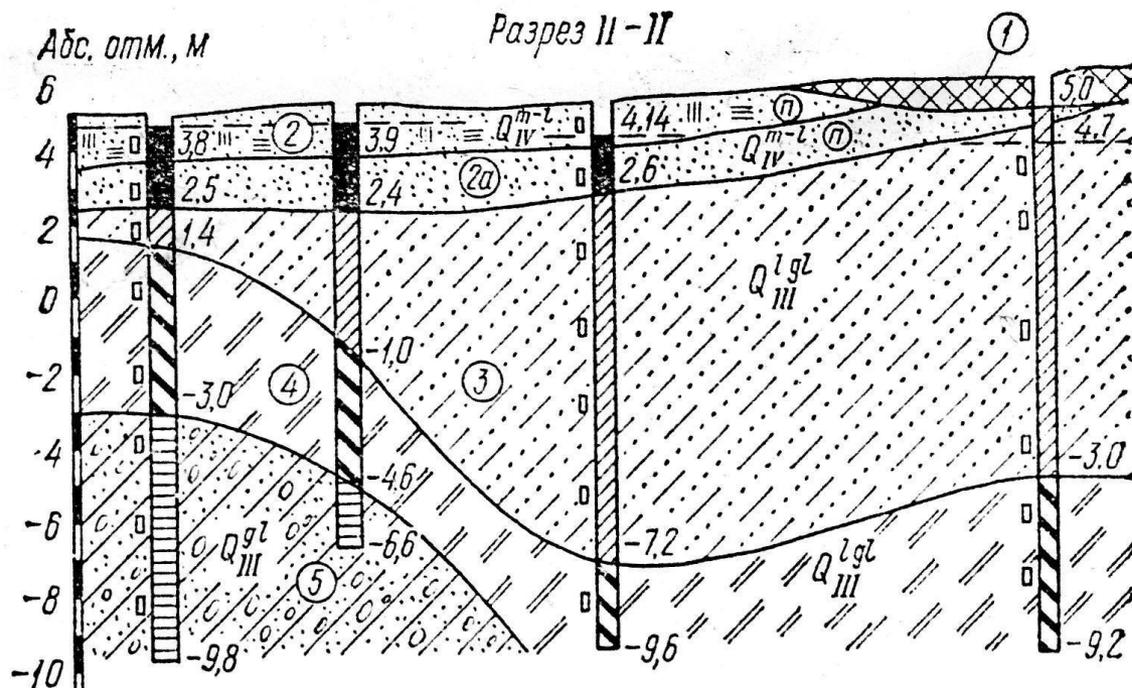
где F_{vol} – вертикальная составляющая внешней нагрузки, кН;

$F_{\text{f.g.l}}$ – вес фундамента и грунта на его уступах;

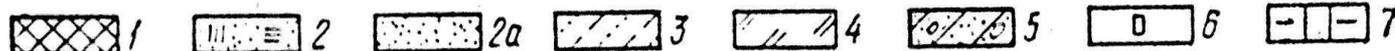
f – коэффициент трения кладки фундамента по грунту основания.



Геолого-литологический разрез по буровым скважинам



№ скважины	5	10	6	7
Абс. отм. устья	5,2	5,4	5,4	5,8
Абс. отм. уровня подземных вод	4,8	4,7	4,3	4,0
Расстояния, м		25	35	59



1-насыпной грунт; 2-песок пылеватый заторфованный; 2a-песок пылеватый; 3-супесь пылеватая; 4-суглинок пылеватый ленточный; 5-суглинок с включениями гравия и гальки (морена); 6-места взятия монолитов; 7-установившийся уровень воды; Q-геологические индексы (четвертичные отложения)

d

$$d_1 = f(d_f) \rightarrow [1], \text{ п. 2.28}$$

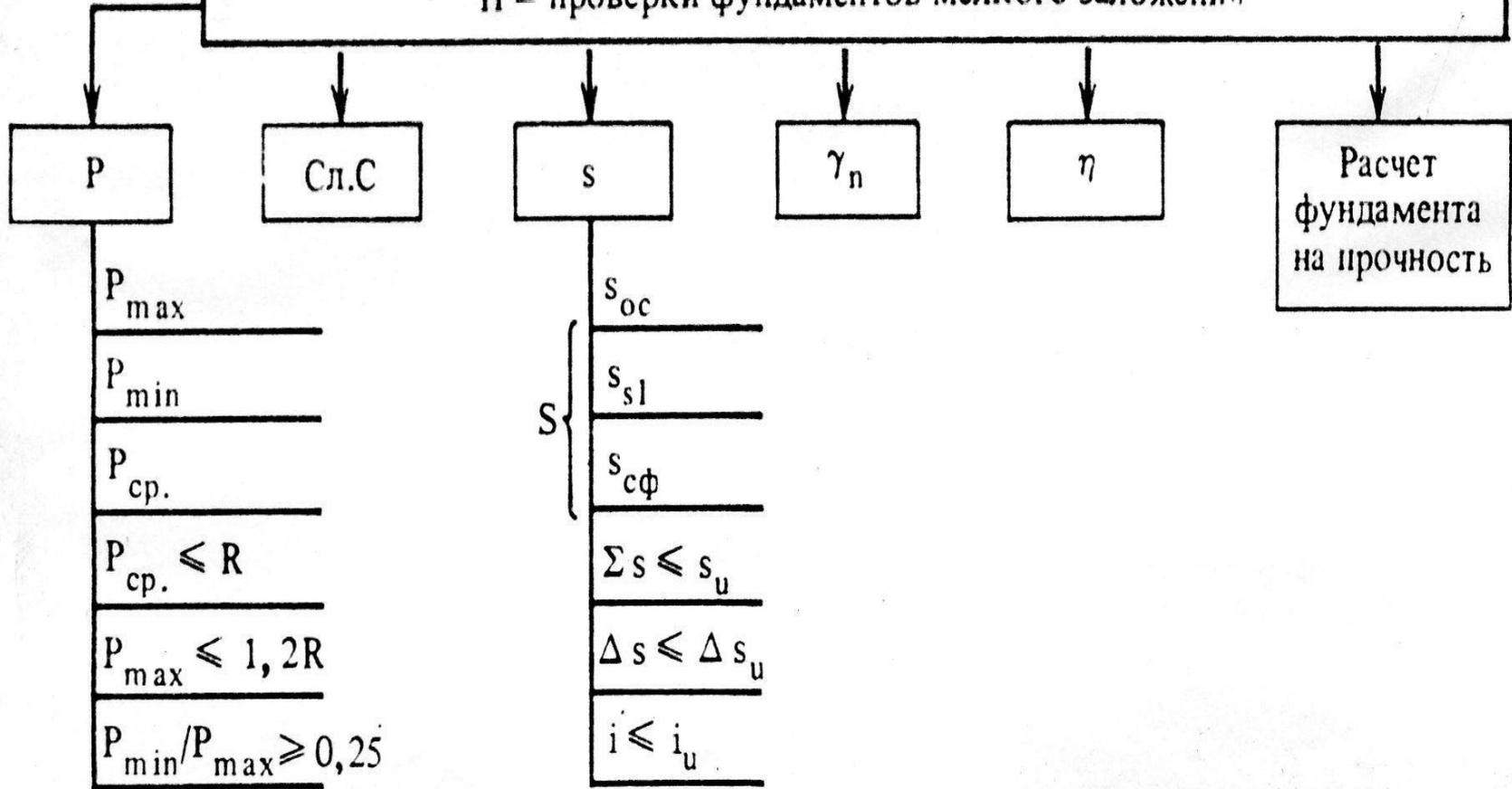
$$d_2 = f(\text{вид грунта}, d_w) \rightarrow [1], \text{ табл. 2}$$

$$d_3 = f(\text{конструктивные особенности})$$

Окончательно
 $d = d_{\max}$
(из $d_1 \dots d_n$)

$$R_0 \longrightarrow \left[A = \frac{F_v}{R_0 - \gamma_{cp} d} \right] \longrightarrow R \dots$$

П – проверки фундаментов мелкого заложения



Определение размеров
фундамента. Учет влияния
слабого подстилающего слоя.
Порядок проектирования
фундаментов на естественном
основании. Сдвиг фундаментов по
 подошве и расчет на
 опрокидывание.

Порядок проектирования фундаментов мелкого заложения на естественном основании.

Последовательность:

1. Проводится анализ инженерно - геологических условий, выбирается тип фундамента мелкого заложения;
2. Назначается глубина заложения фундамента;
3. Подбираются необходимые размеры подошвы фундамента;

4. Производится расчет оснований по II предельному состоянию (по деформациям);

5. Если требуется, то производится расчет оснований по I предельному состоянию (если основание ограничено откосом, если на фундамент действуют постоянные горизонтальные нагрузки большой величины, когда фундамент возводится на водонасыщенном слабо фильтрующем глинистом грунте, когда фундамент возводится на скальном основании, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ЖБК и БК: на действие изгибающего момента → все опасные сечения, по этому расчету подбирается рабочая арматура; на действие поперечной силы → достаточность геометрических размеров b и h фундамента → все опасные сечения. При наличии колонны – проверка фундамента на продавливание колонной.

6. Производится проверка прочности материала фундамента, т.е. расчет самого фундамента по I предельному состоянию.

Учет влияния слабого подстилающего слоя.

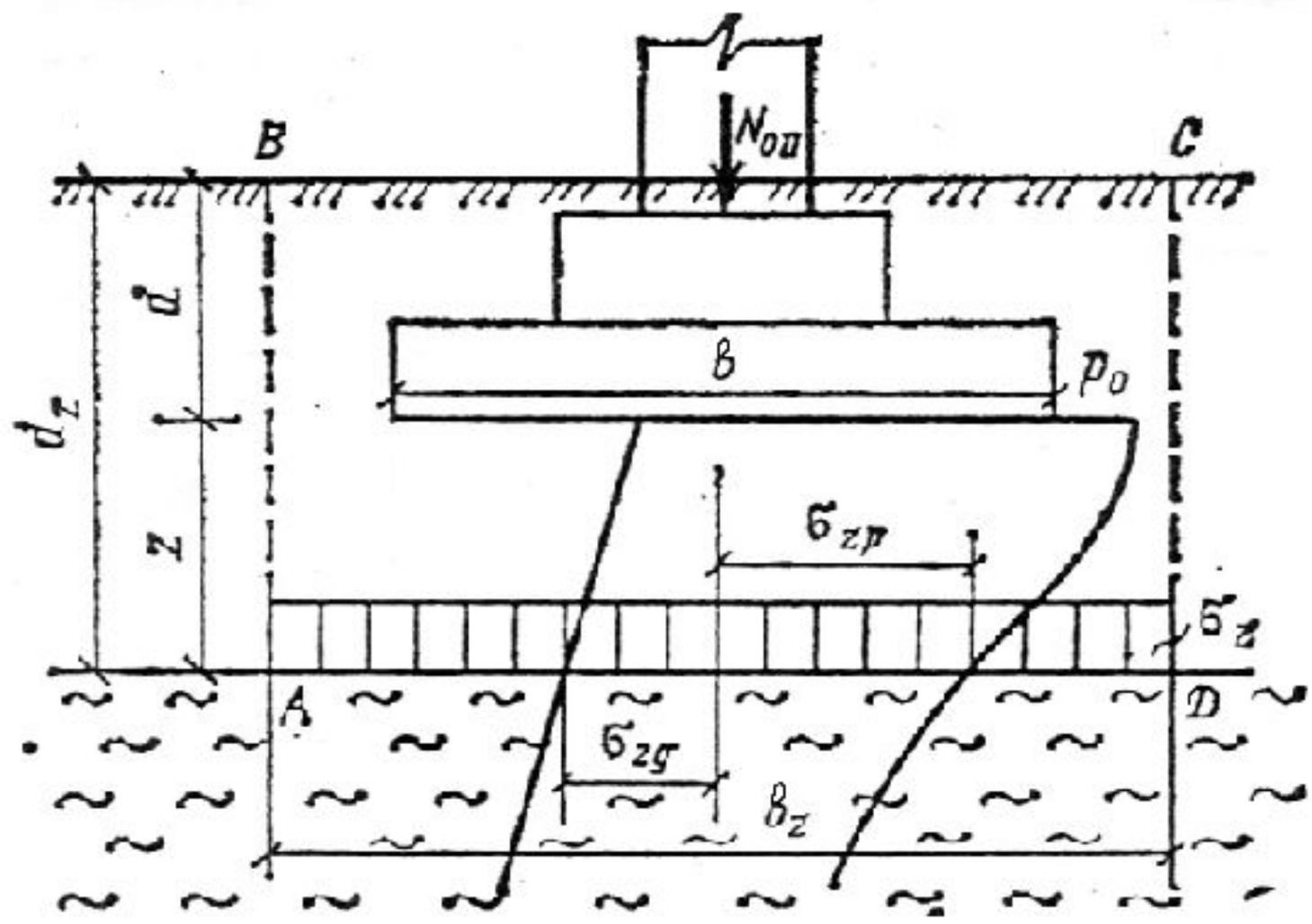
$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z$$

где σ_{zp} - дополнительное вертикальное напряжение от загрузки фундамента, определяемое по формуле :

$$\sigma_z = \alpha * p_0;$$

σ_{zg} - напряжение от собственного веса грунта, считая от природного рельефа грунта;

R_z - расчетное сопротивление грунта на глубине кровли слабого грунта z или расчетное сопротивление грунта подстилающего слоя.



Величину R_z СНиП 2.02.01 – 83 рекомендует устанавливать по формуле определения расчетного сопротивления грунта основания. γ_{c1} , γ_{c2} , k , M_γ , M_q , M_c и находят применительно к слою слабого грунта. Значения b и d_z определяют для условного фундамента ABCD, размеры которого назначают, сообразуясь с рассеиванием напряжений в пределах слоя толщиной z .

γ_{c1} , γ_{c2} -коэффициенты условий работы;

k -коэффициент надежности.

σ_{zp} - действует по подошве условного фундамента

ABCD, площадь его подошвы: $A_z = N_{0II} / \sigma_{zp}$, σ_{zp} с эпюры.

N_{0II} - нагрузка, передаваемая конструкциями на обрез

Зная A_z , найдем ширину условного прямоугольного фундамента:

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a$$

$$a = \frac{(1-b)}{2}$$

l и b – длина и ширина подошвы проектируемого фундамента.

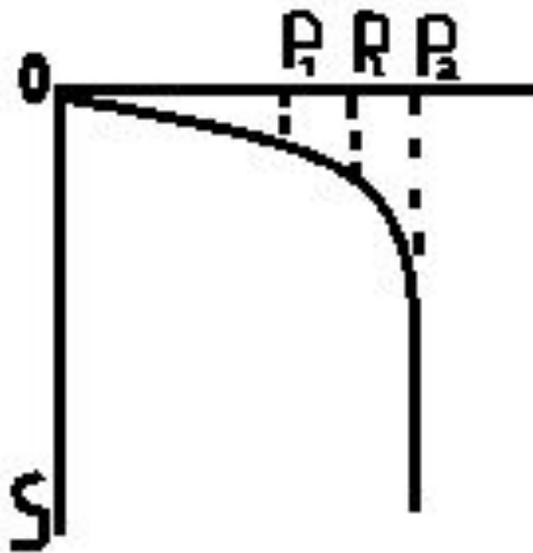
Ленточный фундамент $b_z = A_z \div 1$

Зная b_z , вычисляют R_z . Зная R_z проверяют условие (1). При его удовлетворении зоны сдвигов не играют существенной роли в величине развивающейся осадки, поэтому применима линейная зависимость между σ и ε , в противном случае необходимо принять большие размеры подошвы, при которых условие (1) будет удовлетворяться.

Определение размеров фундамента

$p \leq R \rightarrow$ чтобы деформации (осадки) можно было бы рассчитывать по теории линейно-деформируемой среды.

$p \leq R$ единственное требование при центрально нагруженных фундаментах.



ЕСЛИ ФУНДАМЕНТ НАГРУЖЕН
ВНЕЦЕНТРЕННО, ТО:

$$P_{\text{MAX}} \leq 1,2 R$$

$$P_{\text{УГЛ}} \leq 1,5 R$$

$P_{\text{УГЛ}}$ – ДЛЯ УГЛОВЫХ ТОЧЕК.

$$P = \sum N / A$$

ГДЕ $\sum N$ - СУММА ВСЕХ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК,
ВКЛЮЧАЯ СОБСТВЕННЫЙ ВЕС
ФУНДАМЕНТА;

A – ПЛОЩАДЬ ФУНДАМЕНТА.

$$\sum N = N^H + (G_1 + G_2)$$

$$(G_1 + G_2) = \gamma_{mt} \times d \times A$$

$$p_{\max} = \frac{\sum N}{A} + \frac{M}{W},$$

где M – момент всех внешних сил относительно середины подошвы фундамента,

$$M = M^H + Q^H \times h$$

W – момент сопротивления площади подошвы,

$$W = \frac{b \times l^2}{6}$$

Если момент действует в одной плоскости, то $p_{\text{угл}} = p_{\text{max}}$,

а если в двух, то не равны:

$$p_{\text{угл}} = \frac{\sum N}{A} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{M_x}{W_x}$$

$p_{\text{min}} \geq 0$ - в любой точке должно быть сжатие, отрыва подошвы фундамента от основания не произойдет.

Если момент действует в одной плоскости, то:

$$p_{\text{min}}^{\text{угл}} = \frac{\sum N}{A} - \frac{M}{W}$$

Если момент действует в одной плоскости, то:

$$p_{\min}^{\text{угл}} = \frac{\sum N}{A} - \frac{M}{W}$$

Если в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, то:

$$p_{\min}^{\text{угл}} = \frac{\sum N}{A} - \frac{M_y}{W_y} - \frac{M_x}{W_x}$$

Подбор размеров фундамента осуществляется методом последовательных приближений:

сначала удовлетворяется главное условие $p \leq R$,
потом проверяются остальные условия.

Если хотя бы одно условие не выполняется, то меняют размеры, пока не удовлетворят всем требованиям.

Как удовлетворить $p \leq R$?

$$\begin{cases} A = b \times l \\ \frac{l}{b} = n \end{cases} \rightarrow b = \sqrt{n \times A} \quad p = \frac{\sum N}{b \times l} = \left(A = \frac{\sum N}{R_0 - \gamma_{mt} \times \alpha} \right)$$

R – формула (7) СНиП 2.02.01 – 83 Основания зданий и сооружений

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} \left[M_{\gamma} \times k_z \times b \times \gamma_{II} + M_q \times \alpha_1 \times \gamma'_{II} + M_c \times c_{II} \right]$$

здание без
подвала.

Задаются размеры подошвы:

Пусть $b = 1\text{ м}$, тогда $A = n \times b$
 $(b \times n \times b)$

$p =$

$R =$

$p \leq R$ (?) – пусть не выполнено.

Изменяем: $b = 1,2\text{ м} \rightarrow$ то же самое:

$p \leq R$ - условие выполнено, расчет закончен.

Если нет, то принимаем третье значение b .

$$\frac{R_i - R_{i-1}}{R_{i-1}} \leq 0,05$$

Недонапряжение грунта основания по сравнению с его расчетным сопротивлением (грунта основания) можно принимать в пределах 15 – 20%:

$$100\% \frac{R - p}{R}$$