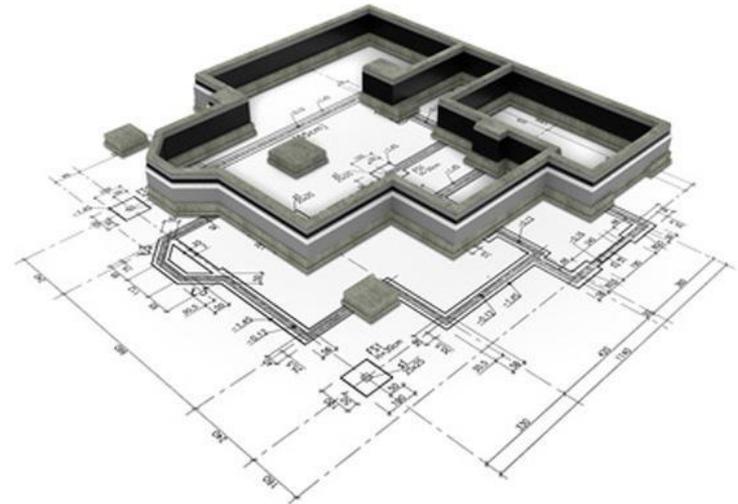


Лекция 4

Фундаменты, возводимые в открытых котлованах



Классификация фундаментов

По виду заложения :

1. мелкого заложения;
2. глубокого заложения (в виде оболочек, опускных колодцев, кессонов);
3. свайные.

По материалу:

1. бутовые;
2. бутобетонные;
3. бетонные;
4. железобетонные.



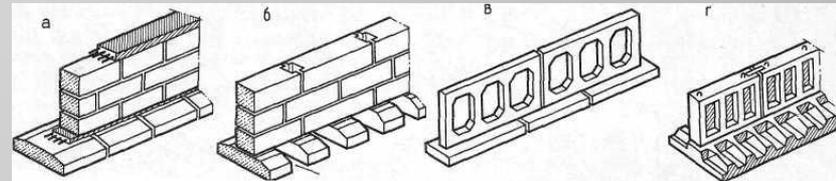
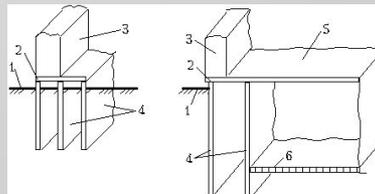
По способу изготовления:

1. монолитные;
2. сборные.



По конструктивному решению:

1. столбчатые (отдельностоящие);
2. ленточные (сплошные и прерывистые);
3. плитные;
4. коробчатые;
5. щелевые.



По характеру работы под нагрузкой:

1. жесткие (работающие на сжатие);
2. гибкие (работающие на растяжение и скалывание).

По характеру нагружения:

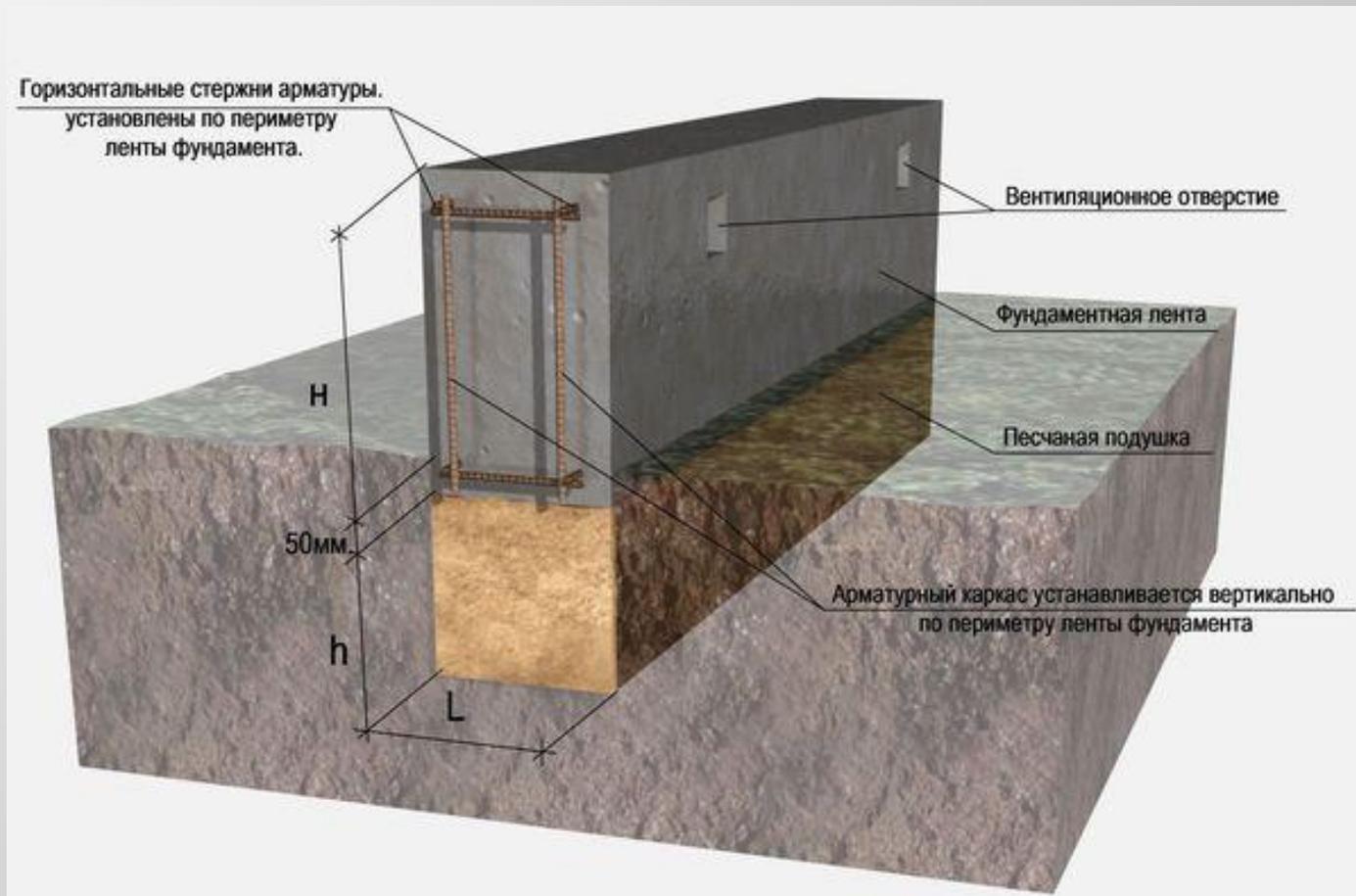
1. центрально нагруженные;
2. внецентренно нагруженные.

По способу опирания на грунт :

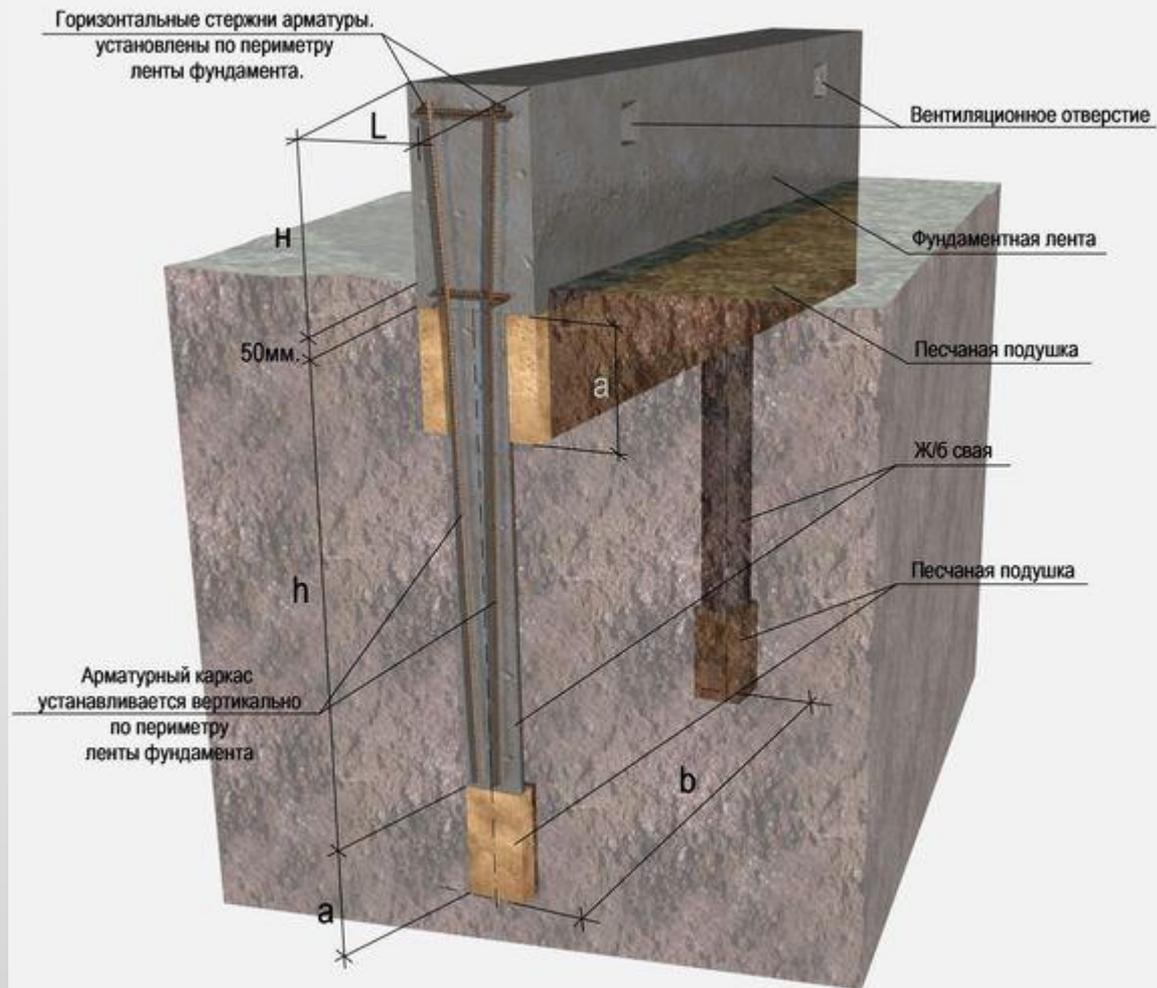
1. на естественном основании;
2. на искусственном основании.

Новые виды фундаментов

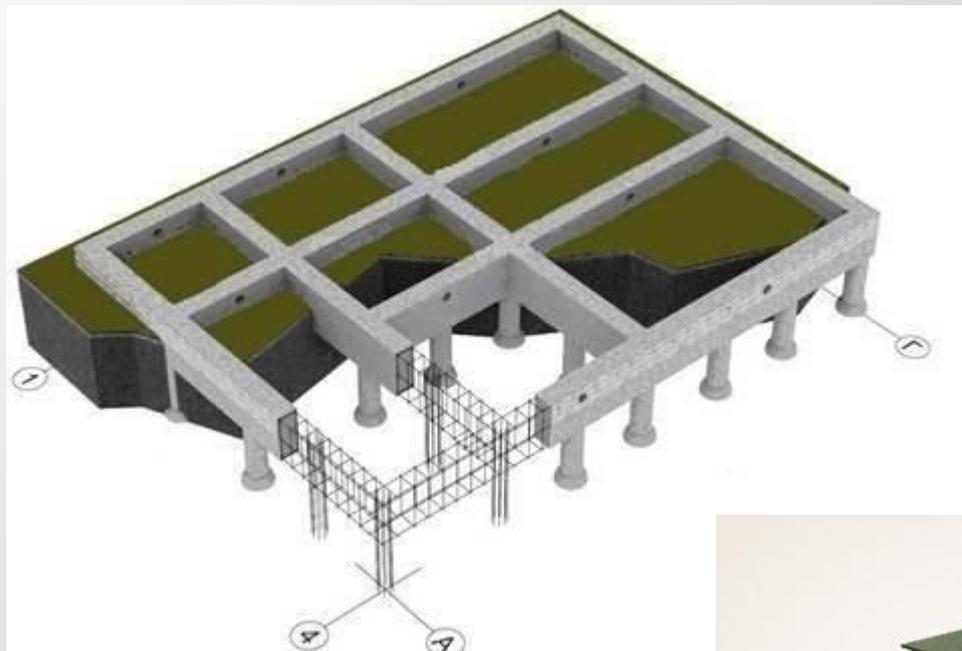
МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫЙ МОНОЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ («плавающий фундамент» на грунте)



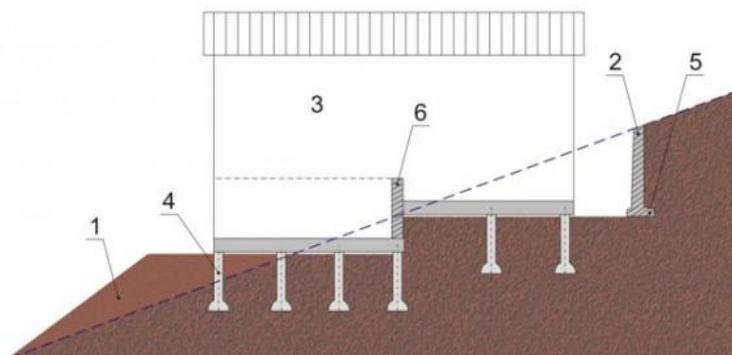
СВАЙНО - РОСТВЕРКОВЫЙ ФУНДАМЕНТ



КОМБИНИРОВАННЫЙ ФУНДАМЕНТ



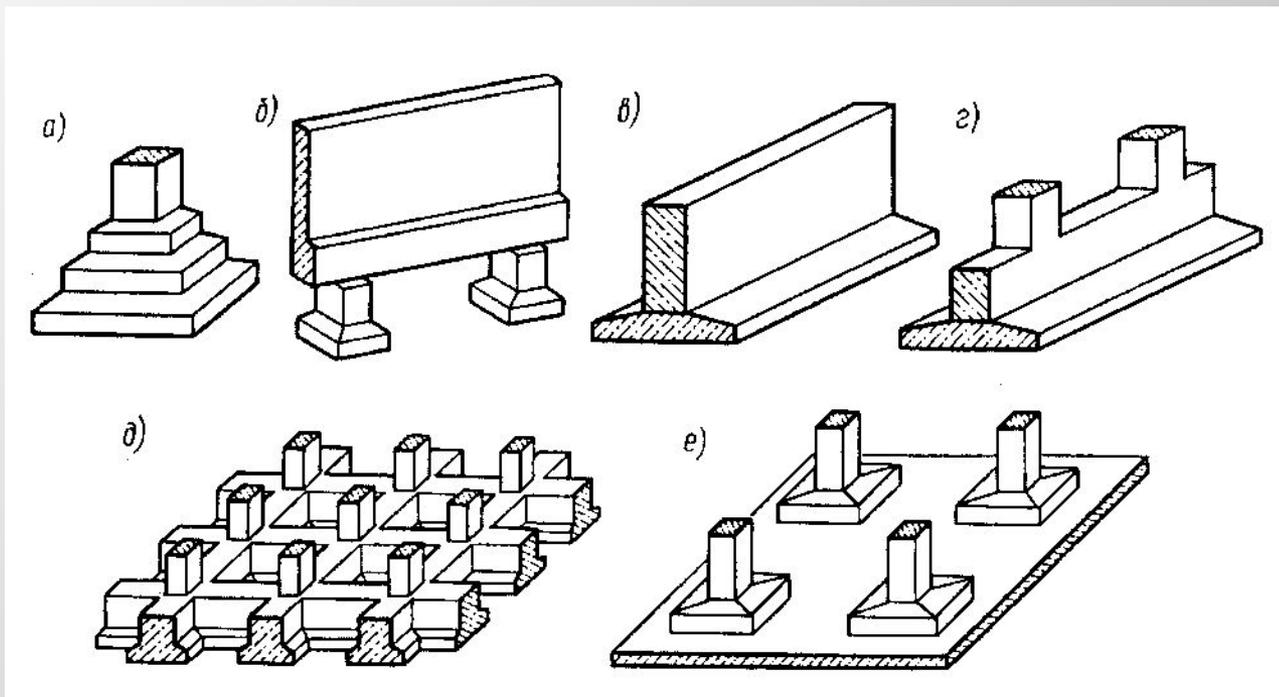
Устройство двухуровневой строительной площадки на склоне



1 - насыпной грунт; 2 - подпорная стенка; 3 - строение;
4 - опоры фундамента; 5 - замок; 6 - внутренняя подпорная стенка.



Основные типы фундаментов мелкого заложения



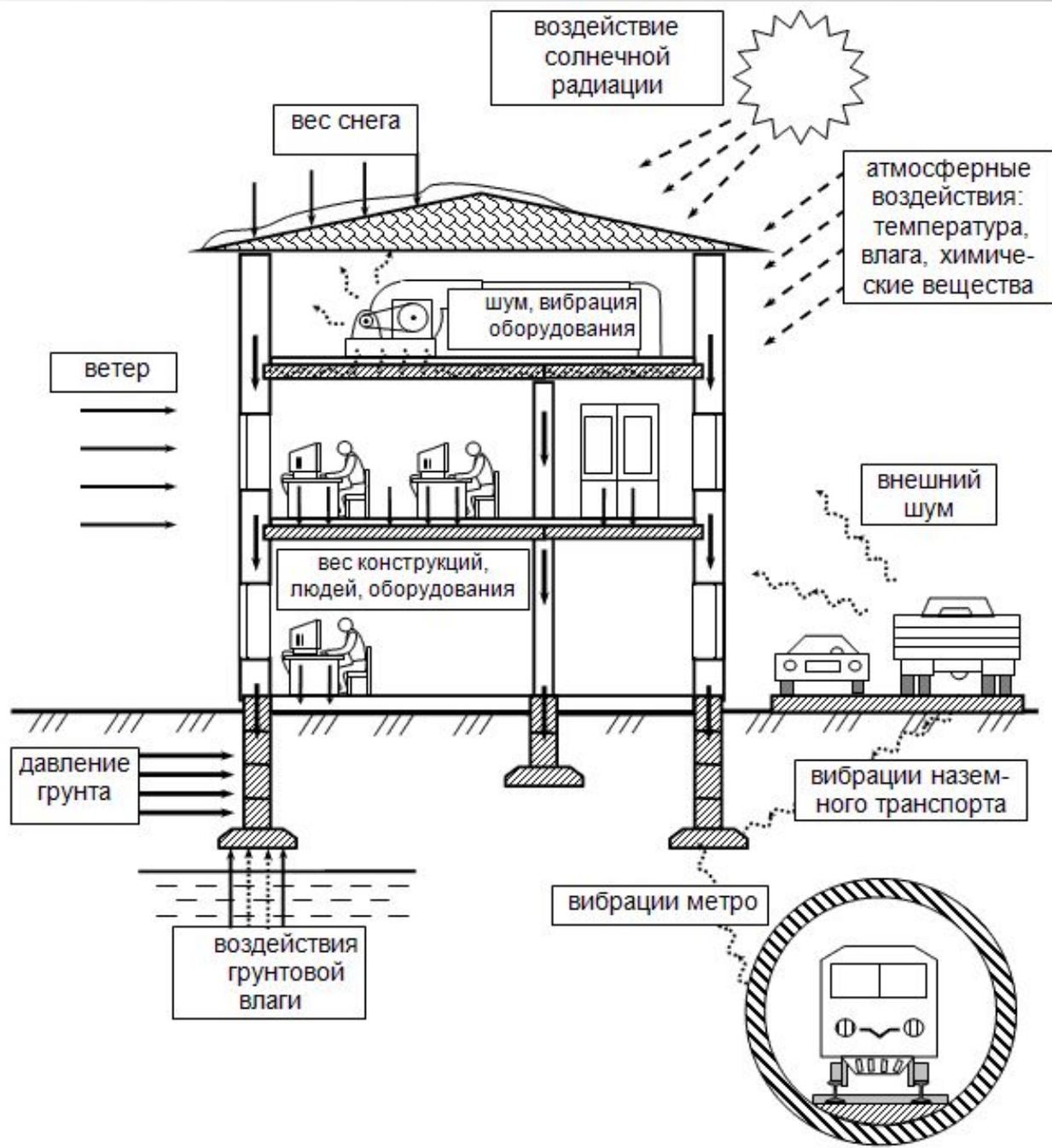
а – отдельный фундамент под колонну; б – отдельные фундаменты под стену; в – ленточный фундамент под стену; г – то же, под колонны; д – то же, под сетку колонн; е – сплошной (плитный) фундамент.

На выбор типа фундамента влияют множество факторов, к которым относятся:

- 1. состояние и тип грунта на отведенном участке;**
- 2. глубина промерзания грунта;**
- 3. наличие грунтовых вод;**
- 4. конструкция и нагрузка от несущих конструкций здания;**
- 5. наличие подвалов;**
- 6. срок службы здания;**
- 7. материалы для строительства фундамента;**
- 8. наличие подземных коммуникаций на участке, предназначенном для строительства.**

Требования, предъявляемые к фундаментам:

- 1) прочность;
- 2) устойчивость на опрокидывание и скольжение в плоскости подошвы фундамента;
- 3) пространственная жесткость;
- 4) устойчивость к воздействию грунтовых вод, химической и биологической агрессивности среды;
- 5) стойкость к атмосферным факторам (морозостойкость; пучение грунтов при замерзании);
- 6) соответствие по долговечности сроку службы здания;
- 7) индустриальность ;

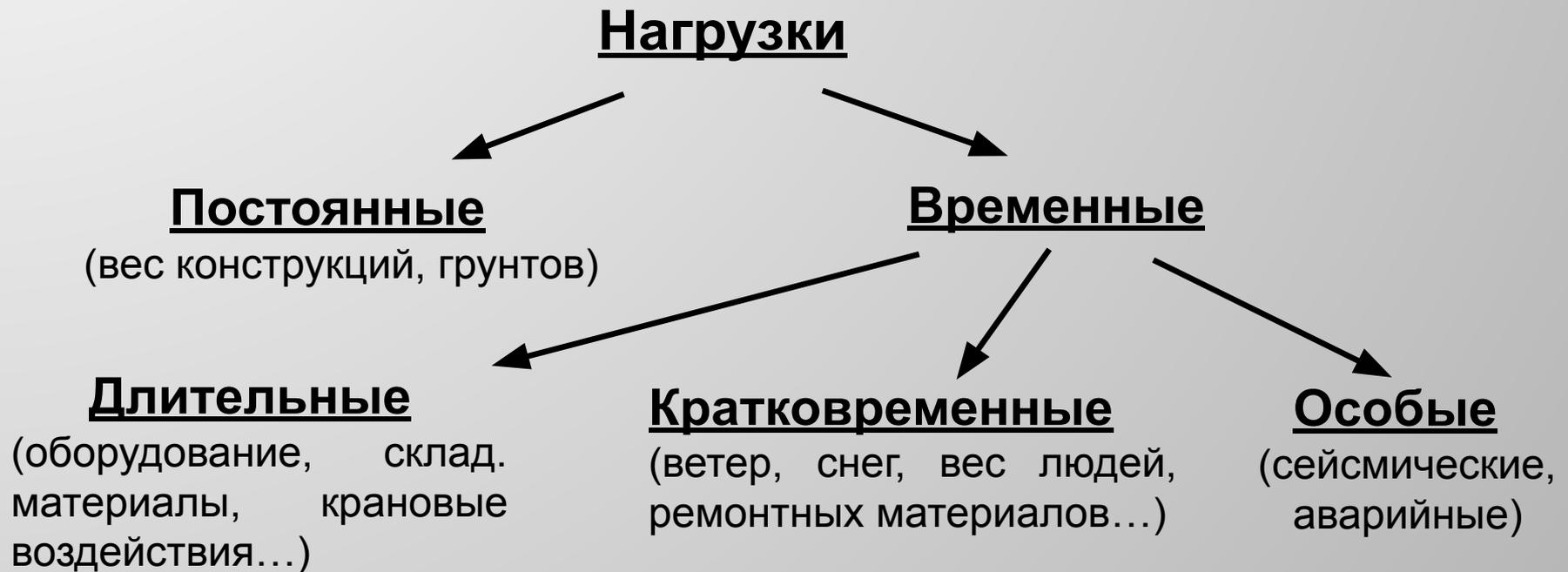


Последовательность проектирования фундаментов мелкого заложения

**Основные этапы
проектирования включают:**

1) сбор нагрузок на обрез фундамента:

При расчете по деформациям необходимо рассматривать расчетные нагрузки с коэффициентом перегрузки равным 1.



Расчет оснований и фундаментов ведется на основное сочетание нагрузок (постоянные + временные).

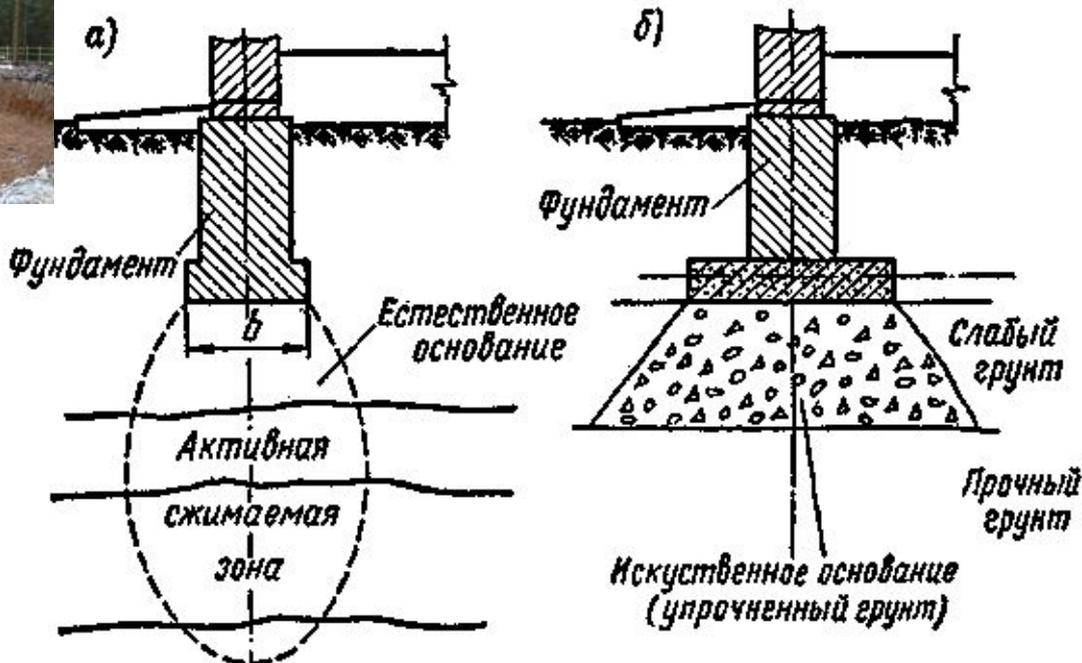
2) оценка инженерно-геологических и гидрологических условий площадки строительства;

Классификация оснований

Основанием называют толщу природных напластований горных пород, которые воспринимают нагрузку от вышележащих конструкций и взаимодействуют с ними.

Основания называют **естественными**, если они сложены природными грунтами или скальными породами в условиях естественного залегания.

Основания из предварительно уплотненных или упрочненных или иным способом грунтов называют **искусственными**.



Типы грунтов и требования к основанию

Основные требования к основанию: достаточная прочность (т.е. малая сжимаемость и неподвижность), однородность, непучинистость, стойкость к воздействию текучих и агрессивных вод.



Скальные
грунты



Песчаные
грунты



Глинистые грунты



Лессовые
грунты



Торфяные грунты



Плывуны



К слабым грунтам относятся:

**пески любой крупности в рыхлом состоянии,
пески пылеватые водонасыщенные,
глинистые грунты с коэффициентом
консистенции свыше 0,5 (текучие и
текучепластичные),
торф и заторфованные грунты, илы,
грунты при $E \leq 5$ МПа и $\phi = 4 \dots 10^\circ$, и т.д.**

**3) выбор глубины заложения
фундамента;**

Глубина заложения фундаментов должна определяться с учетом:

- назначения, конструктивных особенностей сооружения (наличия и размеров подвалов, фундаментов под оборудование и т.д.);**
- размера и характера нагрузок и воздействий на фундаменты;**
- глубины заложения фундаментов примыкающих сооружений, глубины прокладки коммуникаций;**
- существующего и проектируемого рельефа застраиваемой территории;**
- инженерно-геологических условий площадки строительства;**
- гидрогеологических условий площадки (уровня подземных вод, также возможного его изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения, агрессивности подземных вод и т.п.);**
- глубины сезонного промерзания грунтов**

Глубина заложения фундаментов определяется 3^{мя} факторами:

I. Инженерно-геологическими и гидрологическими условиями строительной площадки.

II. Климатическими особенностями района строительства.

III. Конструктивными особенностями возводимого здания, а также соседних сооружений.



1. Инженерно-геологические условия

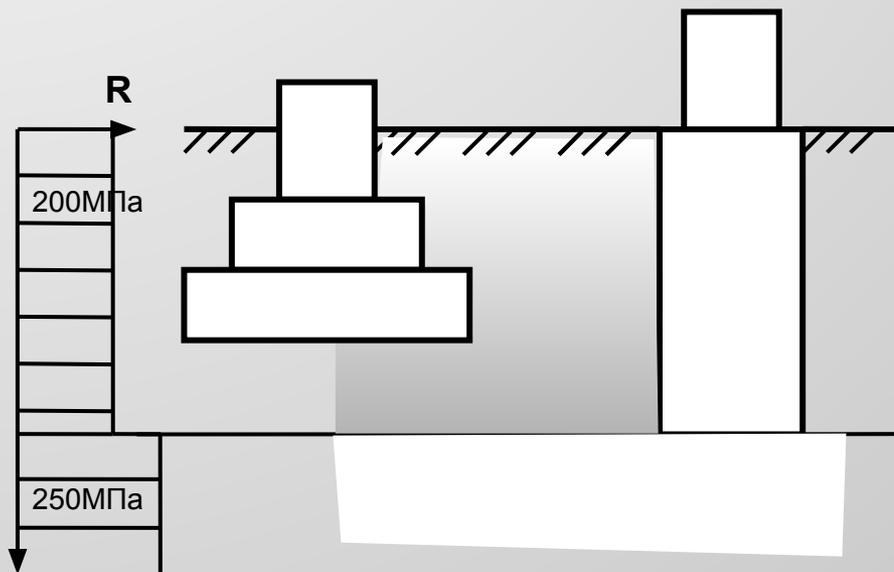
Все инженерно-геологические условия на строительной площадке можно свести к трем

схемам:

1-схема



Однородный хороший (надежный) грунт (обеспечивает надежное существование проектируемого сооружения)

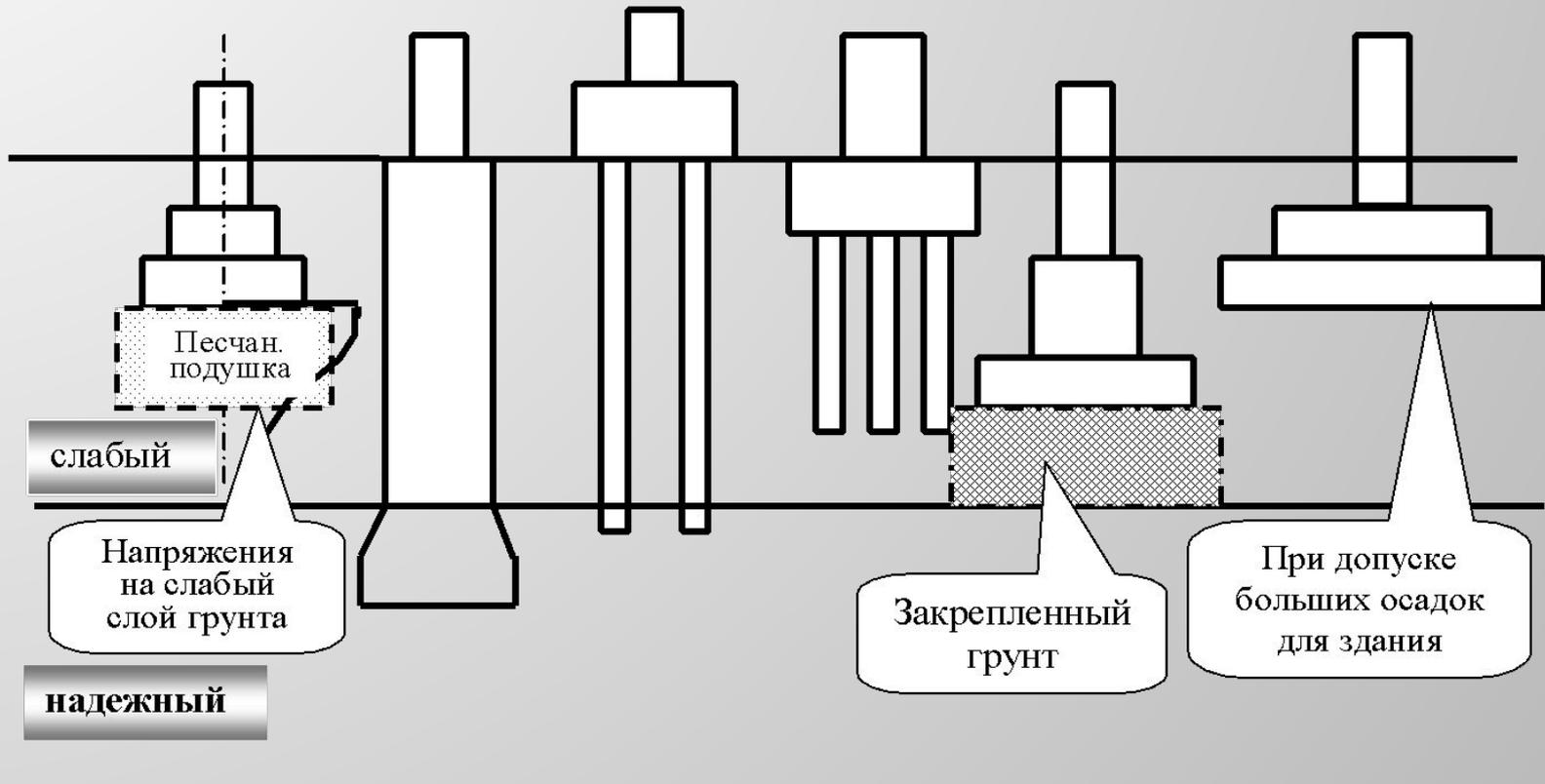


Оба слоя надежные, на какой ставить фундамент?
Здесь вопрос должен решаться на основании технико-экономического сравнения вариантов (Т.Э.П.)

2-схема



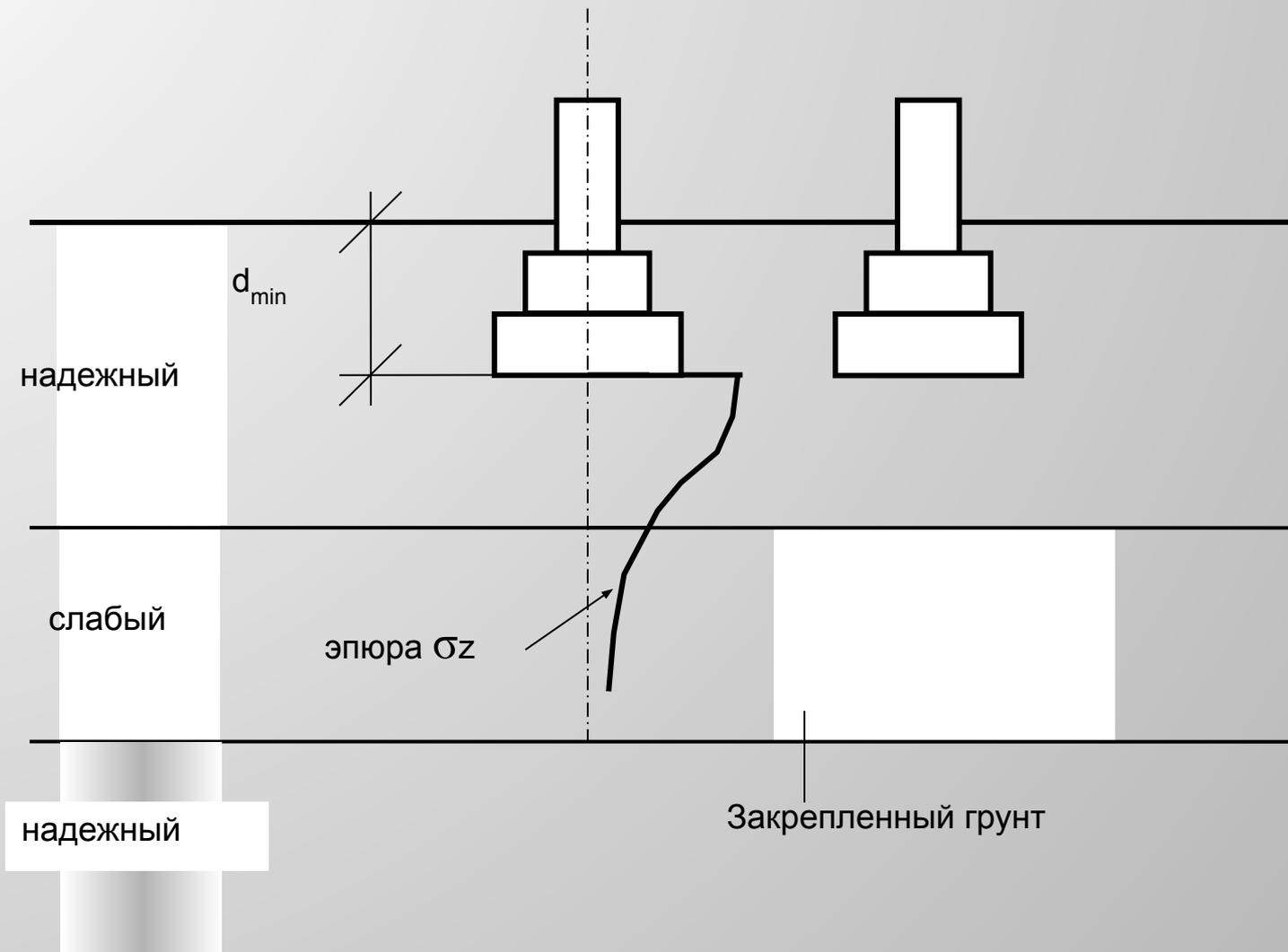
С поверхности залегает *слабый* грунт, который на некоторой глубине подстиляется *надежным*



3-схема

Слоистое напластование.

Такой геологический разрез может иметь несколько слоев по глубине.

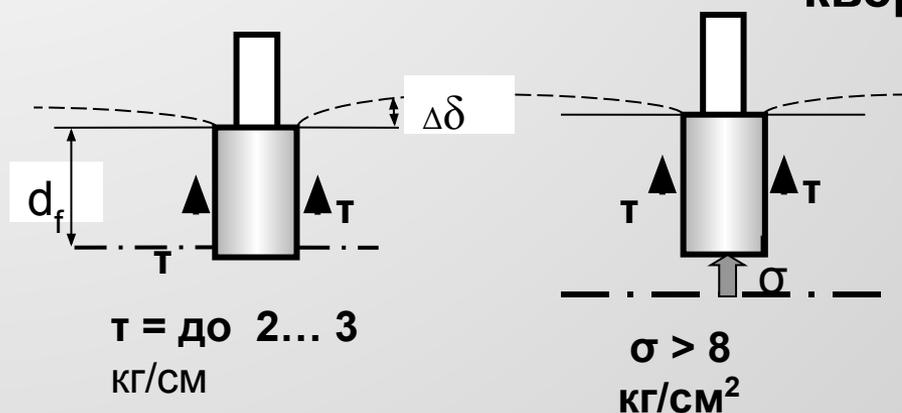


Все варианты фундаментов 2-схемы применимы и для 3-схемы

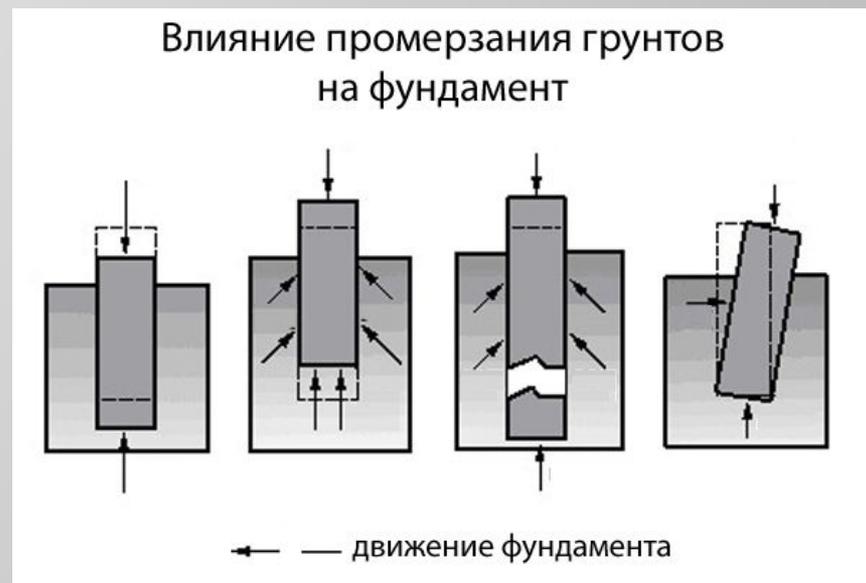
II. Климатические особенности района

Подшву фундамента необходимо закладывать на глубине, не превышающей глубину промерзания грунта!

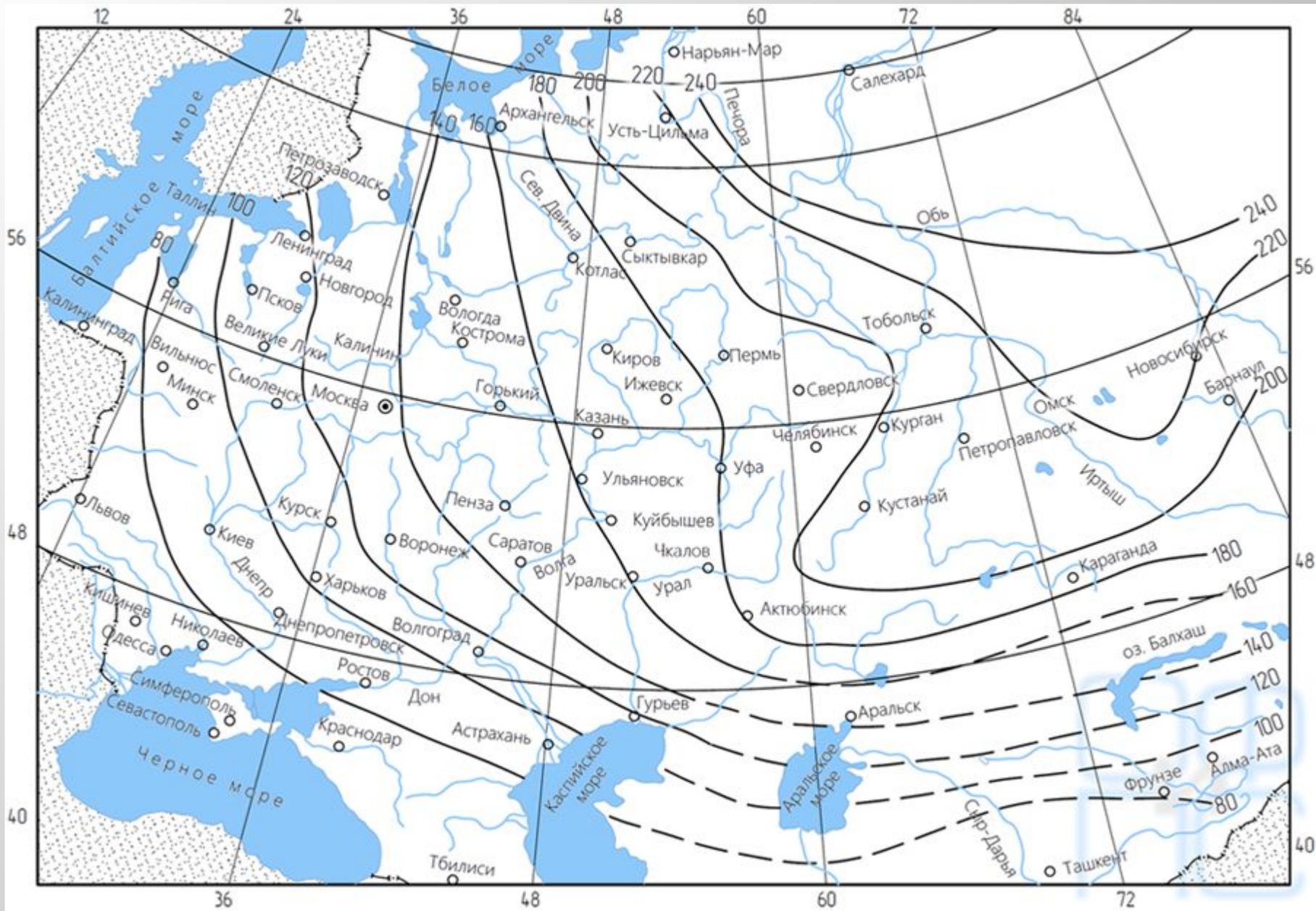
При промерзании грунта вода, заполняющая поры между частицами, расширяется и деформирует грунт, выпучивая его кверху.



T – касательные силы пучения; σ – нормальные силы пучения; d_f – расчетная глубина промерзания грунта; $\Delta\delta$ – пучение поверхности грунта.



Пучению подвержены пылеватые пески, мягкопластичные и текучие суглинки и глины.



Расчетная глубина сезонного промерзания грунта

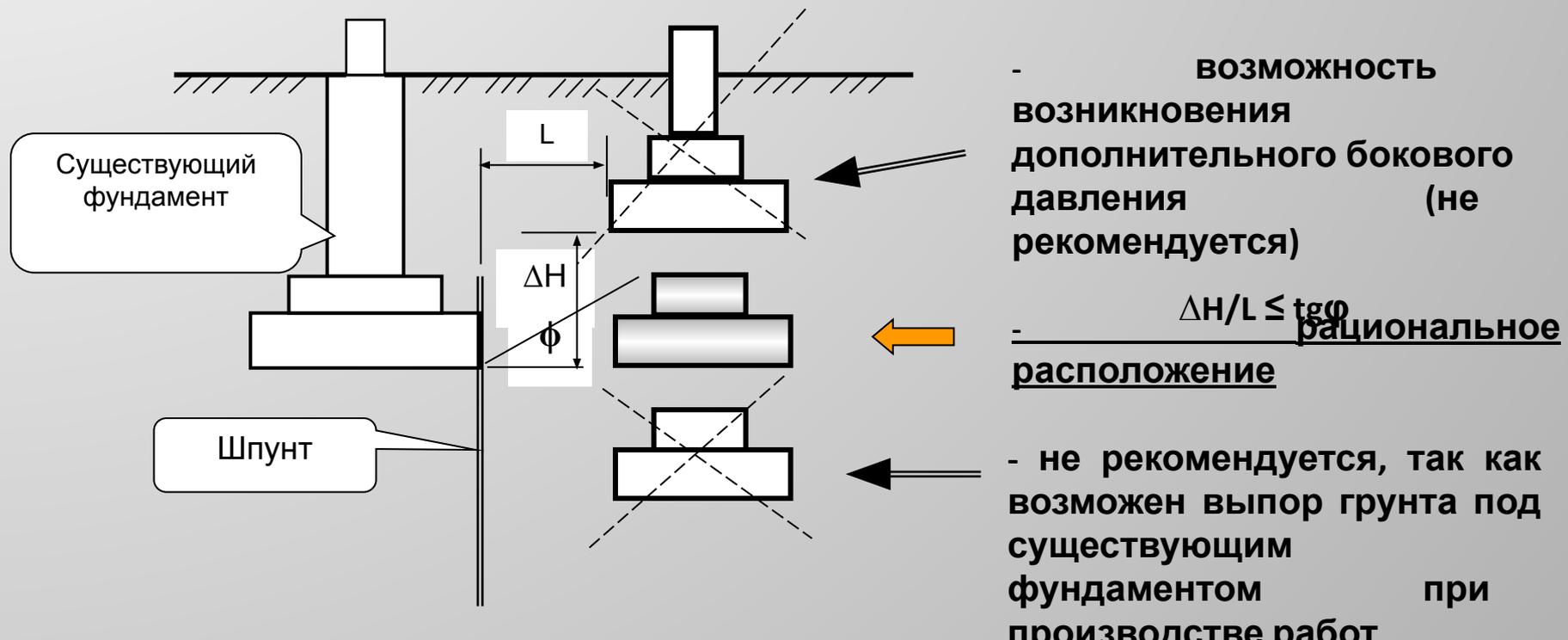
определяется по формуле

$$d_f = k_h d_{fn} , \quad (4.1)$$

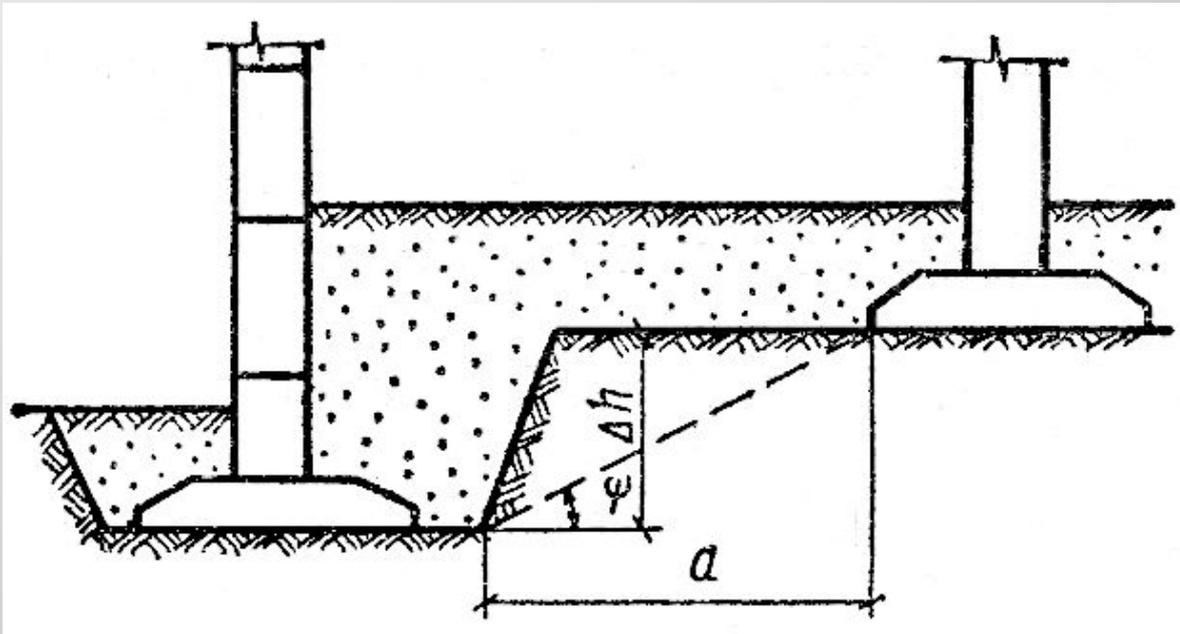
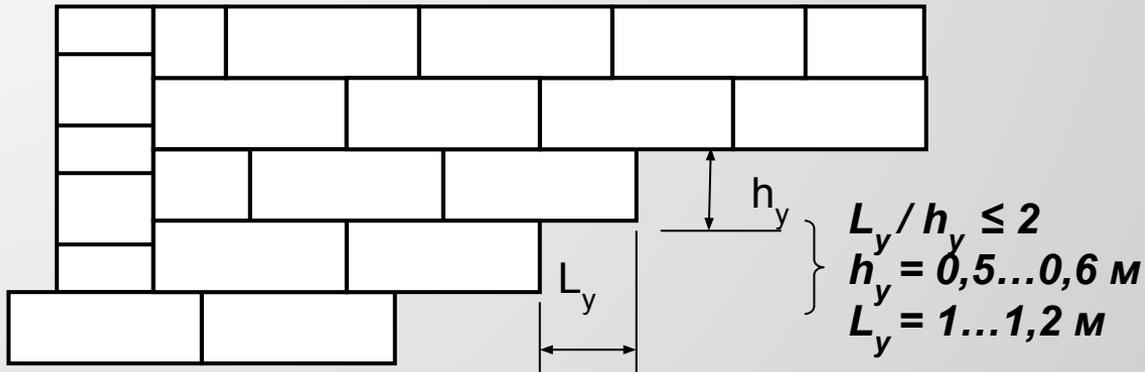
где k_h — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения и принимаемый: для наружных фундаментов отапливаемых зданий — по таблице; для наружных и внутренних фундаментов неотапливаемых зданий **kh = 1,1**, кроме районов с отрицательной среднегодовой температурой.

III. Конструктивные особенности возводимого здания, а также соседних сооружений

1. Наличие фундаментов существующих (примыкающих) зданий.
2. Наличие фундаментов под оборудования.
3. Наличие тоннелей и коммуникаций.
4. Наличие подвала.
5. Способ производства работ



Если фундамент закладывают на различную глубину (наружные и внутренние стены), то необходим постепенный (плавный) переход от одной глубины к другой.



$$\Delta h \leq a(\operatorname{tg} \varphi_I + c_I / p)$$

4) назначение предварительных размеров подошвы фундамента:

Предварительно площадь подошвы фундаментов определяется исходя из условий равновесия методом последовательных приближений:

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mII} \cdot d}, \quad (4.2)$$

где N_{0II} – расчетная нагрузка по II группе предельных состояний, приложенная к обрезу фундамента;

R_0 – условное расчетное сопротивление грунта, принимаемое предварительно по таблицам СНиП 2.02.01-83*;

γ_{mII} – осредненное расчетное значение удельного веса материала фундамента и грунта, лежащего на его уступах;

d – глубина заложения фундамента.

Зная ориентировочную площадь подошвы A (по формуле 4.2), устанавливают размеры фундамента:

- в случае квадратной подошвы:

$$b = \sqrt{A}, \quad (4.3)$$

- в случае прямоугольной подошвы:

$$b = \sqrt{\frac{A}{\eta}}, \quad (4.4)$$

где η - коэффициент отношения размеров меньшей стороны b (ширины) к большей l ($\eta = b/l = 0,65-0,85$).

Для ленточных фундаментов расчет ведется на $l = 1\text{ м}$ длины фундамента. При этом ширина определяется по формуле:

$$b = \frac{A}{l}, \quad (4.5)$$

После определения ***b*** и ***l*** вычисляют действительное расчетное сопротивление грунта ***R*** ($R=f(b, d, \gamma, c, \varphi)$) по формуле (7) СНиП 2.02.01-83*.

Если значение ***R*** будет близко к ***R₀*** (в пределах 10%), то расчет закончен.

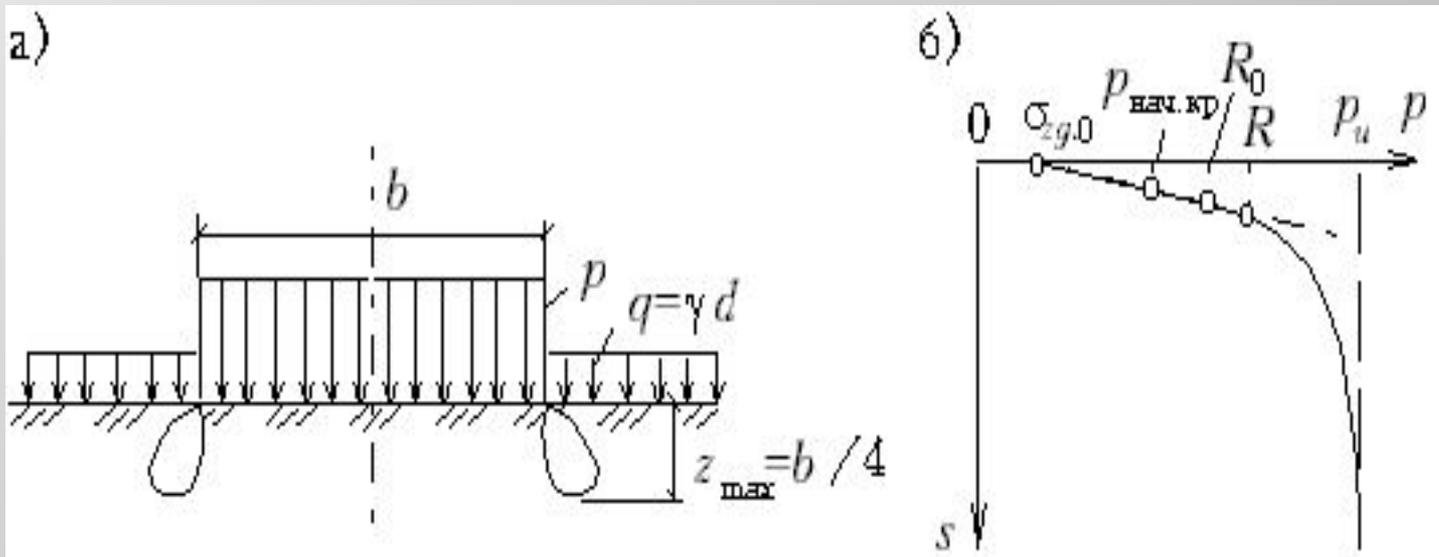
Если нет, то значение ***R*** подставляем в формулу (4.2), находим

$$A_1 \Rightarrow b_1 \Rightarrow R_1 \Rightarrow \text{сравниваем с } R.$$

После определения b и l вычисляют действительное расчетное сопротивление грунта R ($R=f(b, d, \gamma, c, \varphi)$) по формуле (7) СНиП 2.02.01-83*.

Что такое расчетное сопротивление грунта основания?

Расчетное сопротивление грунта соответствует такому давлению под подошвой фундамента, при котором зоны пластических деформаций развиваются на глубину $z=b/4$. На графике зависимости осадка-нагрузка это давление находится в начале фазы образования областей сдвига.



Из решения Н.П.Пузыревского получено следующее выражение для расчетного сопротивления грунта основания :

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

где : γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, зависящие от вида грунта основания и жесткости сооружения;

k - коэффициент, принимаемый $k = 1$, если прочностные характеристики грунта j и c определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по таблице СНиП 2.02.01.83 на основании физических характеристик грунтов;

M_γ , M_q , M_c - коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения грунта;

k_z - коэффициент, принимаемый при $b < 10$ м $k_z = 1$,

b - ширина подошвы фундамента;

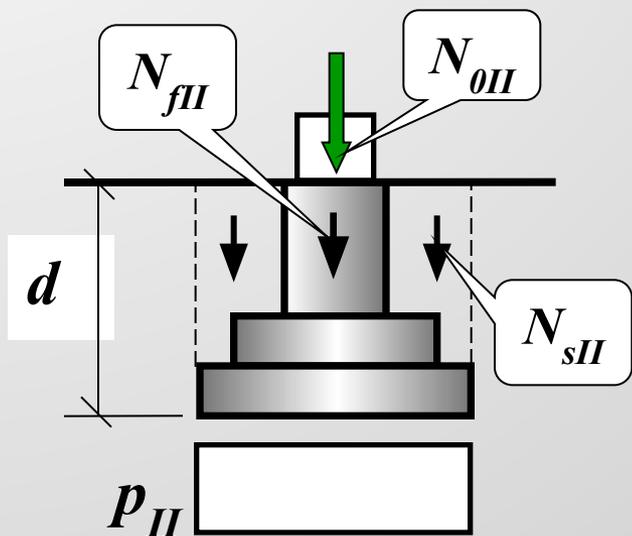
γ_{II} и γ'_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих соответственно ниже и выше подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды);

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента;

d_1 - глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала.

5) проверка правильности подбора размеров подошвы фундамента (определение фактического давления на уровне подошвы фундамента):

Центрально-нагруженные фундаменты – это такие фундаменты, у которых равнодействующая внешних нагрузок проходит через центр тяжести их подошвы.



При проектировании таких фундаментов проверяется условие:

$$p_{II} \leq R, \quad (4.6)$$

где p_{II} – среднее давление под подошвой фундамента, определяемое по формуле:

$$p_{II} = \frac{N_{0II} + N_{fII} + N_{sII}}{l \cdot b}, \quad (4.7)$$

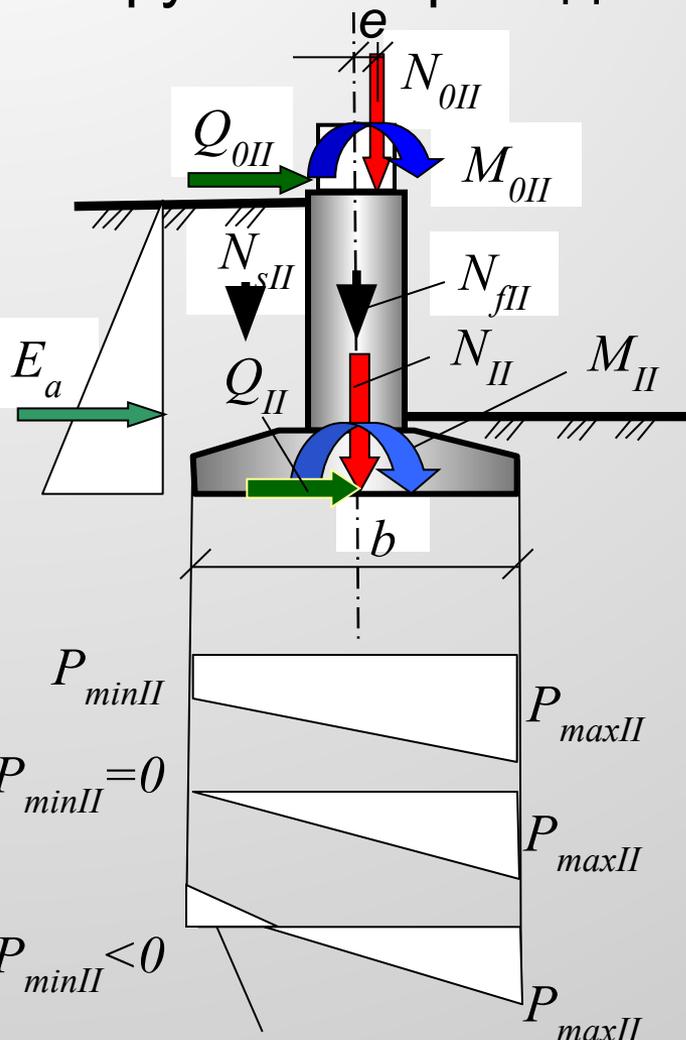
N_{0II} – расчетная нагрузка по II группе предельных состояний, приложенная к обрезу фундамента;

N_{fII} – вес фундамента;

N_{sII} – вес грунта на уступах фундамента;

l и b – принятые размеры подошвы фундамента.

Внецентренно-нагруженные фундаменты – это такие фундаменты, у которых равнодействующая внешних нагрузок не проходит через центр тяжести их подошвы.



При проектировании внецентренно нагруженных фундаментов проверяются три условия:

$$\begin{cases} p_{II} \leq R; \\ p_{maxII} \leq 1,2R; \\ p_{minII} \geq 0, \end{cases} \quad (4.8)$$

где p_{maxII} , p_{minII} – соответственно максимальное и минимальное давления под подошвой фундамента.

При отрыве фундамента от грунтового основания

Максимальное и минимальное давления под краями фундамента определяют по формуле внецентренного сжатия:

$$p_{\max II} \quad p_{\min II} = \frac{N_{0II} + N_{fII} + N_{sII}}{l \cdot b} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}, \quad (4.9)$$

где M_x и M_y – моменты сил, действующие на уровне подошвы фундамента относительно осей X и Y ;

W_x и W_y – моменты сопротивления подошвы фундамента относительно осей X и Y .

При действии момента в одной плоскости уравнение (4.9) примет следующий вид:

$$p_{\max II} \quad p_{\min II} = \frac{N_{0II} + N_{fII} + N_{sII}}{l \cdot b} \pm \frac{M_x}{W_x}. \quad (4.10)$$

6) расчет осадки фундамента и сопоставление его с предельно-допустимыми значениями:

Производится расчет осадки одним из методов механики грунтов с проверкой выполнения условий :

$$S \leq S_u$$

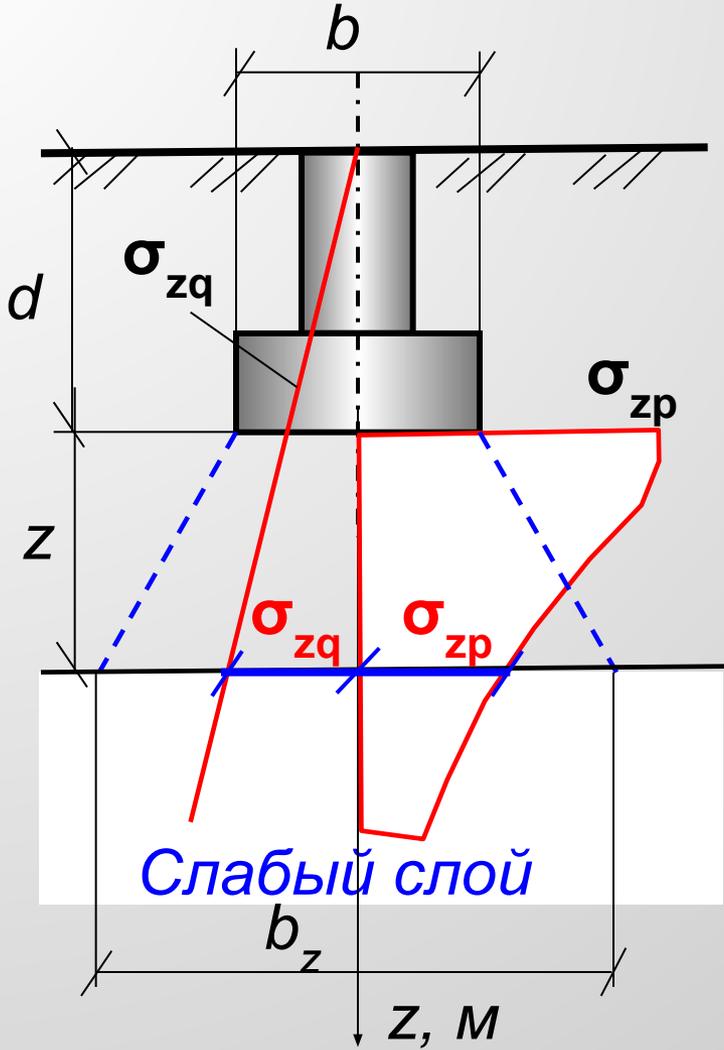
$$\frac{\Delta S}{L} \leq \left(\frac{\Delta S}{L} \right)_u$$

7) расчет оснований по несущей способности (в случае необходимости);

8) учет слабого подстилающего слоя грунта:

Если на глубине z от подошвы фундамента находится слой грунта меньшей прочности, необходимо, чтобы обеспечивалось следующее условие:

$$\sigma_{zq} + \sigma_{zp} \leq R_z, \quad (4.11)$$



где σ_{zq} и σ_{zp} – вертикальные напряжения в грунте на глубине z от подошвы фундамента, соответственно дополнительное от нагрузки и от собственного веса грунта;

R_z – расчетное сопротивление слабого подстилающего слоя грунта.

Величину R_z определяют по формуле (7) СНиП как для условного фундамента шириной b_z с учетом рассеивания напряжений в пределах слоя толщиной z :

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a, \quad (4.12)$$

где $a = 0,5(l-b)$ (l и b – длина и ширина подошвы проектируемого фундамента); A_z – площадь подошвы условного фундамента:

$$A_z = \frac{N_{0II}}{\sigma_{zp}}. \quad (4.13)$$

Для ленточного фундамента

$$b_z = \frac{N_{0II}}{\sigma_{zp}}$$

для квадратного

$$b_z = \sqrt{A_z}$$

9. конструирование монолитного фундамента по полученным значениям b и l в соответствии с предъявляемыми конструктивными требованиями.

При устройстве сборных фундаментам выбирают больший ближайший типоразмер блок-подушки.