



Кубанский государственный
аграрный университет им. И. Т. Трубилина

Лекции по дисциплине:
«Основания и фундаменты сооружений»
Специальность - 08.05.01 Строительство
уникальных зданий

Лектор: Полищук А. И.
*заведующий кафедрой
оснований и фундаментов,
д-р техн. наук, профессор*



Вводная часть к Лекции 1

Литература

1. **Полищук А. И.** Основания и фундаменты, подземные сооружения. Учебник – Краснодар; КубГАУ, 2019. - 559 с.
2. **Полищук А. И.** Основания и фундаменты, подземные сооружения. Учебник – М.: Изд-во АСВ, 2020. - 498 с.
3. **Мангушев Р. А., Сахаров И. И.** . Основания и фундаменты : учебник – М. : Изд-во АСВ, 2019. – 468 с.
4. **Полищук А. И., Семенов И. В.** Фундаменты мелкого заложения для многоэтажных зданий : науч.-практ. пособие. – М. : Изд-во АСВ, 2019. – 214 с.
5. **Полищук А. И.** Анализ грунтовых условий строительства при проектировании фундаментов зданий : науч.-практ. пособие / – М. : Изд-во АСВ, 2016. – 104 с.

Структура дисциплины

1. Количество семестров для изучения дисциплины – 2 семестра.
2. Общее количество часов на лекции в двух семестрах – 32.
3. Общее количество часов на самостоятельную работу – 94.
4. Тема курсового проекта: «Проектирование оснований и фундаментов многоэтажных зданий» – (семестр 7,8).
5. Оценка результатов изучения дисциплины:
семестр 7 – зачет;
семестр 8 – экзамен.

Основные понятия и определения

Здание – это строительная система, состоящая из несущих и ограждающих конструкций, имеющая внутренне пространство, предназначенное для определенного вида деятельности человека (проживания или пребывания, выполнения производственных задач, хранения материальных ценностей, отдыха, занятия спортом и др.). **Сооружение** – любая значительная постройка различного вида, формы и назначения, предназначенная для решения специальных задач. Если сооружение устроено ниже поверхности земли (в грунтовой толще), то оно считается **подземным**.



а



б



в

Общий вид зданий различного назначения:

а – общественное здание высотой 14 этажей (г. Краснодар);

б – жилое здание высотой 24 этажа (г. Сочи);

в – производственное здание высотой 3 этажа (г. Казань)

Основные понятия и определения

Простейшими видами **подземных сооружений** являются подвалы жилых домов (А. Б. Фадеев, 1993, 2001). Наиболее распространенными видами подземных сооружений являются: подземные гаражи и автостоянки; спортивные помещения и залы для зрелищных мероприятий; убежища на случай чрезвычайных ситуаций; пешеходные, транспортные и коммуникационные тоннели; подпорные стены; жилые временные здания и др. (рис. 1.7). Вполне обосновано подземными сооружениями можно считать и фундаменты глубокого заложения под тяжелыми объектами: мостовыми опорами, турбогенераторами, реакторами атомных электростанций.

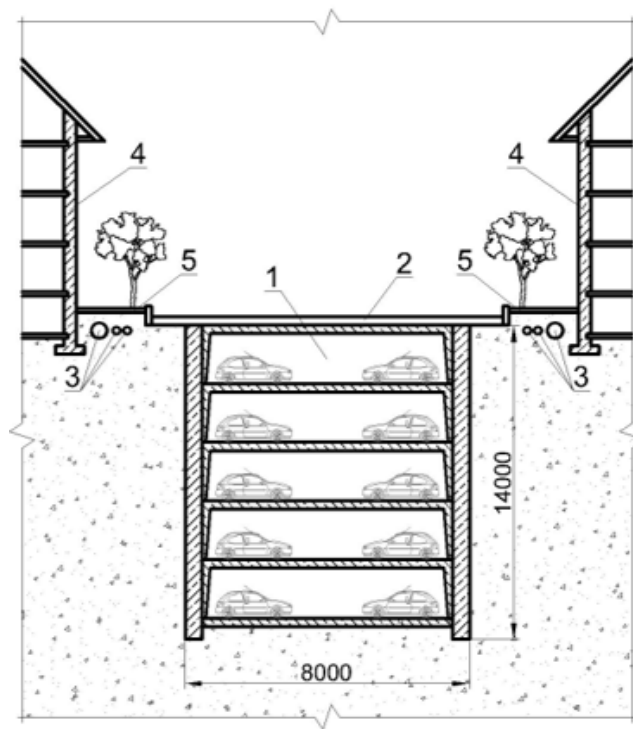


Схема устройства подземной автостоянки на участке расположения бульвара:

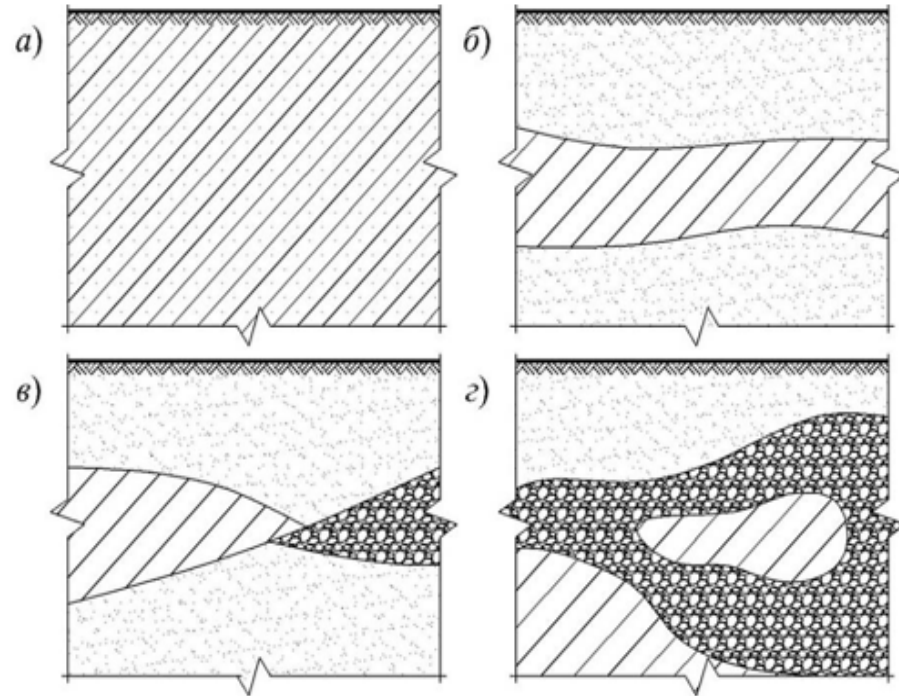
1 – пятиэтажная подземная парковка; 2 – дорожное полотно; 3 – подземные коммуникации; 4 – жилые здания окружающей застройки; 5 – тротуар

Основные понятия и определения

Фундамент – это подземная (подводная) часть здания, которая служит для передачи от него нагрузки на основание.
Основание – часть массива грунта, воспринимающего нагрузки и воздействия от фундамента здания (сооружения).

В зависимости от условий напластования грунтов основания обычно подразделяются на *однородные*, *слоистые* и *резко неоднородные*.

Однородным называют основание, сжимаемая толща грунтов которого включает только один слой грунта, **слоистым** – несколько слоев грунта (рис. Основание называют резко **неоднородным**, если сжимаемая толща включает несколько слоев грунта, а также линзы и прослойки, сжимаемость которых значительно отличается друг от друга. Слоистые основания бывают с *согласным* и *несогласным* залеганием. **Согласное залегание** – это такое залегание грунтов в основании, при котором простираение отдельных слоев грунта близко к горизонтальному; **несогласное залегание** – слои грунта в основании залегают невыдержанно, имеют наклон, выклинивание и пр.



Схемы основания с различным напластованием грунтов:

а – однородное напластование; *б* – слоистое с согласным напластованием грунтов; *в* – слоистое с несогласным напластованием грунтов; *г* – резко неоднородное напластование

Основные понятия и определения

Естественное основание – обычный природный грунт, используемый как опора фундаментов, без предварительной подготовки.



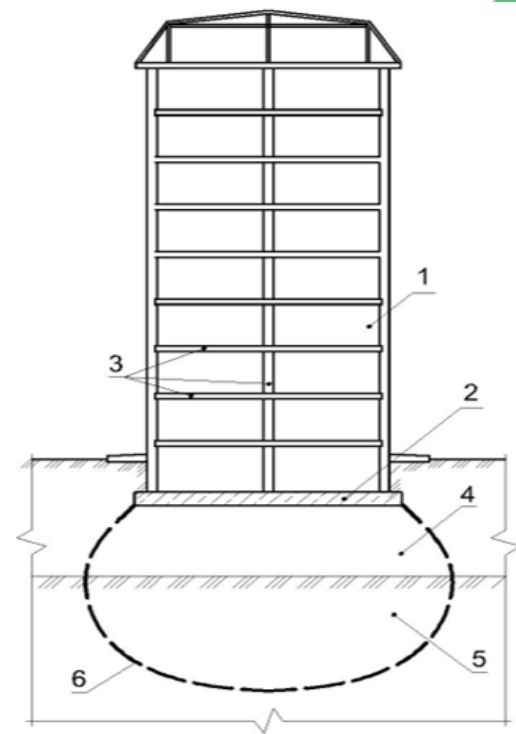
Искусственное основание – преобразованный, либо замененный грунт, используемый как опора фундаментов.



Основные понятия и определения

Возведение любого здания, сооружения производится на строительной площадке, которая предварительно готовится для этой цели. При этом здание, сооружение и грунты основания рассматриваются обычно как единая расчетная система «основание – фундамент – надземные строительные конструкции». Слой грунта, на который опирается фундамент, называется **несущим**, а слои грунта, расположенные ниже несущего слоя – **подстилающими**.

Наиболее надежными основаниями для зданий (сооружений) являются: однородные и слоистые основания с согласным залеганием грунтов (рис. 2.3, а, б). У таких оснований обычно модуль деформации грунтов $E > 5 \text{ МПа}$ и табличные значения расчетного сопротивления грунта основания $R_0 \geq 200 \text{ кПа}$. Из слоистых оснований предпочтительнее те, у которых сжимаемость с глубиной уменьшается. Основания, у которых сжимаемость с глубиной увеличивается, менее благоприятны для возведения зданий (сооружений), особенно на сплошных плитах и с различной глубиной заложения фундаментов.



Расчетная система «основание – фундамент – надземные строительные конструкции», используемая для оценки работы и проектирования здания:

1 – здание; 2 – фундамент здания; 3 – надземные строительные конструкции; 4 – несущий слой основания фундамента; 5 – подстилающий слой основания фундамента; 6 – контуры деформируемой области основания фундамента

Основные понятия и определения

Грунты – любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные изменяющиеся системы и как часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. **Термин «грунт»** обычно широко применяется в строительстве. В других отраслях инженерно-хозяйственной деятельности человека (например, горной, геолого-разведочной, инженерно-геологической и др.) широко используется термин «горная порода». При описании результатов инженерно-геологических изысканий и **грунтовых условий** строительства применяются одновременно оба термина – «горная порода» и «грунт».

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 (Грунты. Классификация) грунты подразделяются на **три основных класса**: 1 – **скальные** (полускальные) грунты; 2 – **дисперсные** (рыхлые или нескальные) грунты; 3 – **мерзлые** грунты.

Скальные (полускальные) – это грунты, имеющие жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа. Такие грунты обладают значительной прочностью на одноосное сжатие (R_c) в водонасыщенном состоянии ($R_c \approx 5\text{--}120$ МПа – скальные грунты, $R_c \approx 1\text{--}5$ МПа – полускальные грунты).

Дисперсные (нескальные или рыхлые) – это грунты, состоящие из совокупности твердых частиц, зерен, обломков и других элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи.

Дисперсные грунты подразделяются на **связные** и **несвязные** (сыпучие). К **связным** грунтам относятся глинистые грунты (супеси, суглинки, глины), илы, сапропели, заторфованные глинистые грунты, торфы и др. К **несвязным** – крупнообломочные грунты, пески, пески с ракушкой, заторфованные пески и др.

Глинистые грунты – связные грунты, состоящие в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3 %) частиц, обладающих свойствами пластичности ($I_p \geq 1\%$).

Крупнообломочные грунты – несвязные минеральные грунты, в которых масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50 %.

Песчаные грунты (пески) – несвязные минеральные грунты с массой частиц размером 0,05–2 мм более 50 % и числом пластичности $I_p < 1\%$.

Мерзлые грунты – это грунты, имеющие отрицательную или нулевую температуру, содержащие в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующиеся криогенными структурными связями. Мерзлые грунты бывают многолетнемерзлые и сезонномерзлые. **Многолетнемерзлые** грунты – грунты, находящиеся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет. **Сезонномерзлые** грунты – грунты, находящиеся в мерзлом состоянии периодически в течение холодного сезона.

ЛЕКЦИЯ 1. Основные положения по проектированию оснований и фундаментов

Основные понятия и определения



Обобщенная блок-схема по признаку разновидностей скальных, дисперсных и мерзлых грунтов

Основные виды фундаментов зданий, сооружений и область их применения



Классификация видов фундаментов зданий и сооружений

Фундаменты мелкого заложения – это фундаменты, имеющие отношение высоты h к ширине подошвы b , не превышающее 4 ($h/b \leq 4$), и передающие нагрузки на грунты основания преимущественно через подошву. Для малоэтажных и многоэтажных зданий используются следующие виды фундаментов мелкого заложения:

- отдельные;
- ленточные;
- сплошные или плитные;
- массивные.

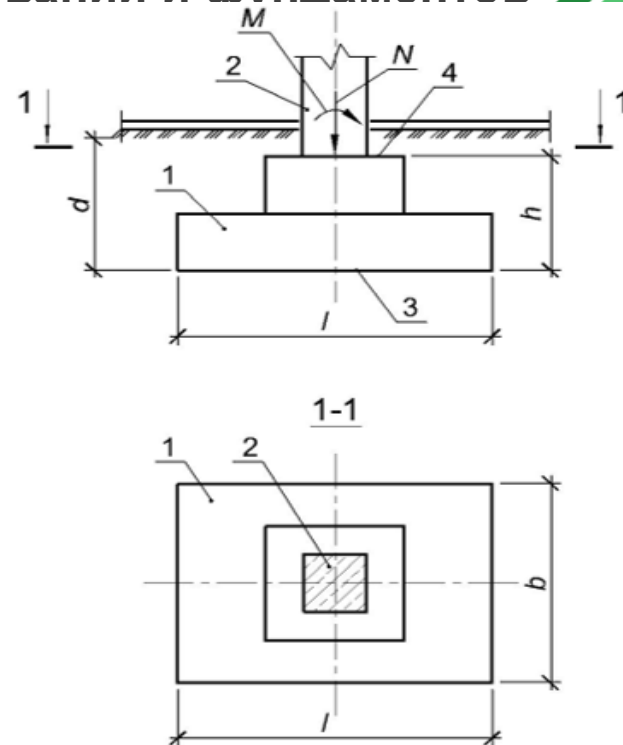


Схема фундамента мелкого заложения:

1 – плитная часть фундамента; 2 – надфундаментная строительная конструкция здания (колонна, стена, столб); 3 – подошва фундамента; 4 – обрызг фундамента; h – высота фундамента, м; d – глубина заложения подошвы фундамента (от поверхности наружной планировки земли), м; l , b – соответственно длина и ширина подошвы фундамента, м

ЛЕКЦИЯ 1. Основные положения по проектированию оснований и фундаментов

Основные виды фундаментов зданий, сооружений и область их применения

Свайные фундаменты – это группы или ряды свай, объединенных поверху распределительной плитой или балкой - **ростверком**

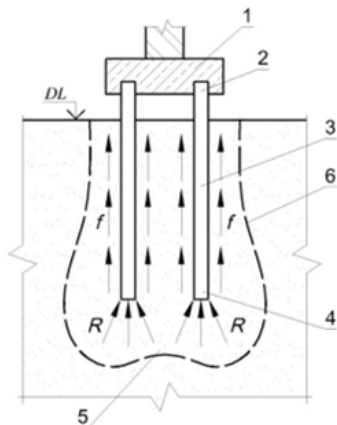
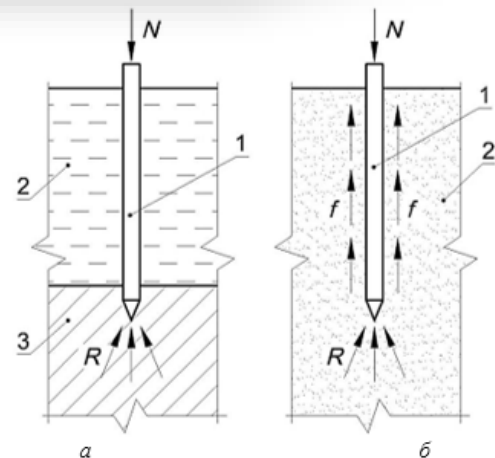


Схема свайного фундамента:

- 1 – ростверк; 2 – оголовок (голова) свай; 3 – ствол свай;
- 4 – нижний конец (острие, пята) свай; 5 – грунтовое основание;
- 6 – контуры деформируемой области в основании фундамента;
- R – сопротивление грунта под нижним концом свай;
- f – сопротивление грунта на боковой поверхности свай;
- DL – отметка планировки поверхности земли

Свая – это погружаемый в готовом виде в грунт или изготавливаемый в грунте вертикальный или наклонный стержень (конструктивный элемент), предназначенный для передачи нагрузки от здания (сооружения) на грунт основания. В отечественной практике известны более 150 видов свай. По условиям взаимодействия с грунтом сваи подразделяют на сваи-стойки и висячие сваи. **Сваи-стойки** – сваи, прорезающие толщу сжимаемых грунтов и опирающиеся на практически



Классификация свай по условиям взаимодействия с грунтом:

- a – свая-стойка; b – висячая свая; 1 – свая; 2 – сжимаемый грунт;
- 3 – несжимаемый скальный или малосжимаемый грунт;
- N – вертикальная нагрузка на сваю;
- R – сопротивление грунта под нижним концом свай;
- f – сопротивление грунта на боковой поверхности свай

несжимаемые скальные или малосжимаемые породы (грунты). К малосжимаемым относят крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и глины твердой консистенции с модулем общей деформации в водонасыщенном состоянии $E \geq 50000$ кПа (СП 24.13330.2011). **Висячие сваи** – сваи всех видов, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на основание боковой поверхностью и нижним концом

Основные виды фундаментов зданий, сооружений и область их применения

Фундаменты глубокого заложения – это бетонные или железобетонные конструкции, которые устраиваются без разработки котлована непосредственно в грунте и передают нагрузки на грунты основания как через подошву, так и через развитую боковую поверхность. Для фундаментов глубокого заложения отношение их высоты h к ширине подошвы b обычно более 4 ($h/b > 4$). Необходимость возведения фундаментов глубокого заложения возникает в следующих случаях

- если сооружение устраивается на большой глубине;
- если сооружение создает большие нагрузки на грунт, а верхние слои основания представлены значительной толщей слабых грунтов, подстилаемых прочными породами;
- если сооружение передает на грунт значительные горизонтальные нагрузки;
- если на строительной площадке имеется высокое залегание подземных вод.

Для зданий и сооружений используются следующие виды фундаментов глубокого заложения:

- свайные;
- фундаменты, устраиваемые способом «опускной колодец»;
- фундаменты, возводимые способом «стена в грунте».

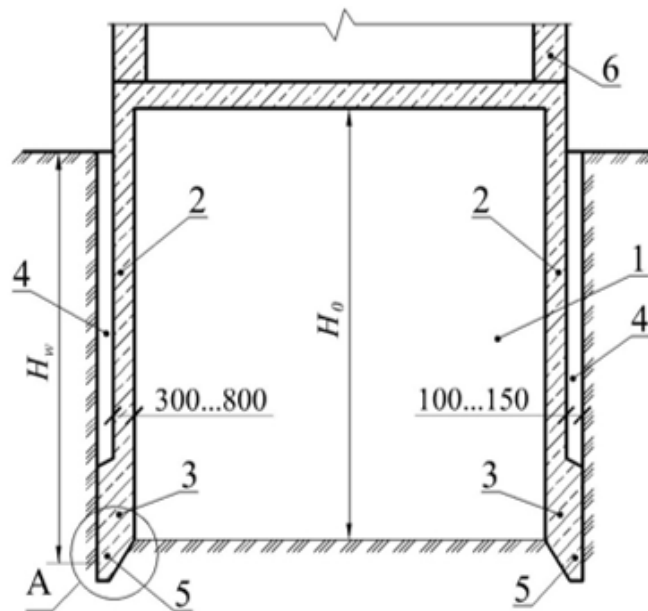


Схема фундамента глубокого заложения:

- 1 – опускной колодец; 2 – боковые стенки опускного колодезя; 3 – конструктивное решение консоли; 4 – зазор, заполняемый тиксотропным раствором; 5 – нож консоли; 6 – надземное сооружение, опирающееся на опускной колодец

ЛЕКЦИЯ 1. Основные положения по проектированию оснований и фундаментов

Основные виды фундаментов зданий, сооружений и область их применения

Комбинированными называются фундаменты, которые в условиях реконструкции (восстановления) зданий, образуются путем передачи части нагрузки от надземных строительных конструкций на сваи, устраиваемые для повышения их несущей способности.

Комбинированный фундамент представляет собой ленточный, отдельно стоящий или плитный (сплошной) фундамент, усиленный сваями. Устройство свай и передача на них нагрузки от фундаментов реконструируемых, восстанавливаемых зданий выполняется различными способами.

Довольно часто при усилении фундаментов зданий применяются различные виды свай, которые устраивают под их подошвой. (либо вблизи плитной части фундамента). Обычно в этом случае устраивают составные сваи, вдавливаемые в грунт. Они могут быть металлическими, железобетонными и деревянными. При этом для получения проектной длины свай их вдавливают по частям (участками), которые наращивают (стыкуют) специальными способами. Иногда вместо составных свай при усилении фундаментов принимают инъекционные сваи. Но для вдавливания инъекторов и наполнения скважин бетоном в плитной части фундаментов предварительно готовят отверстия, через которые ведется устройство инъекционных свай.

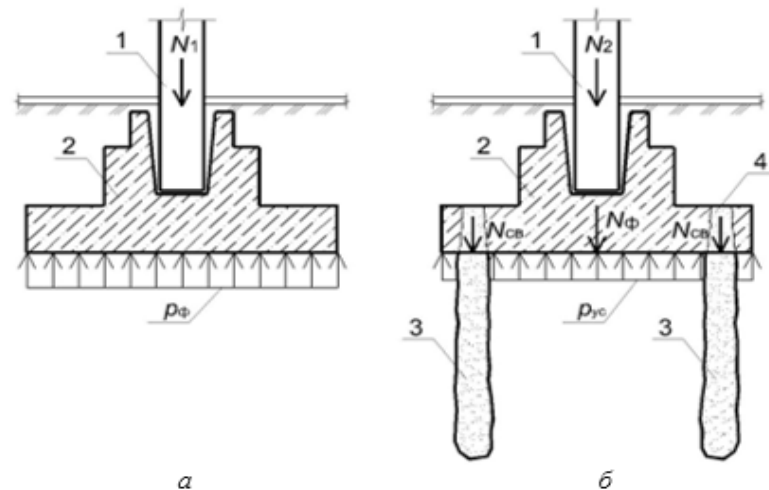
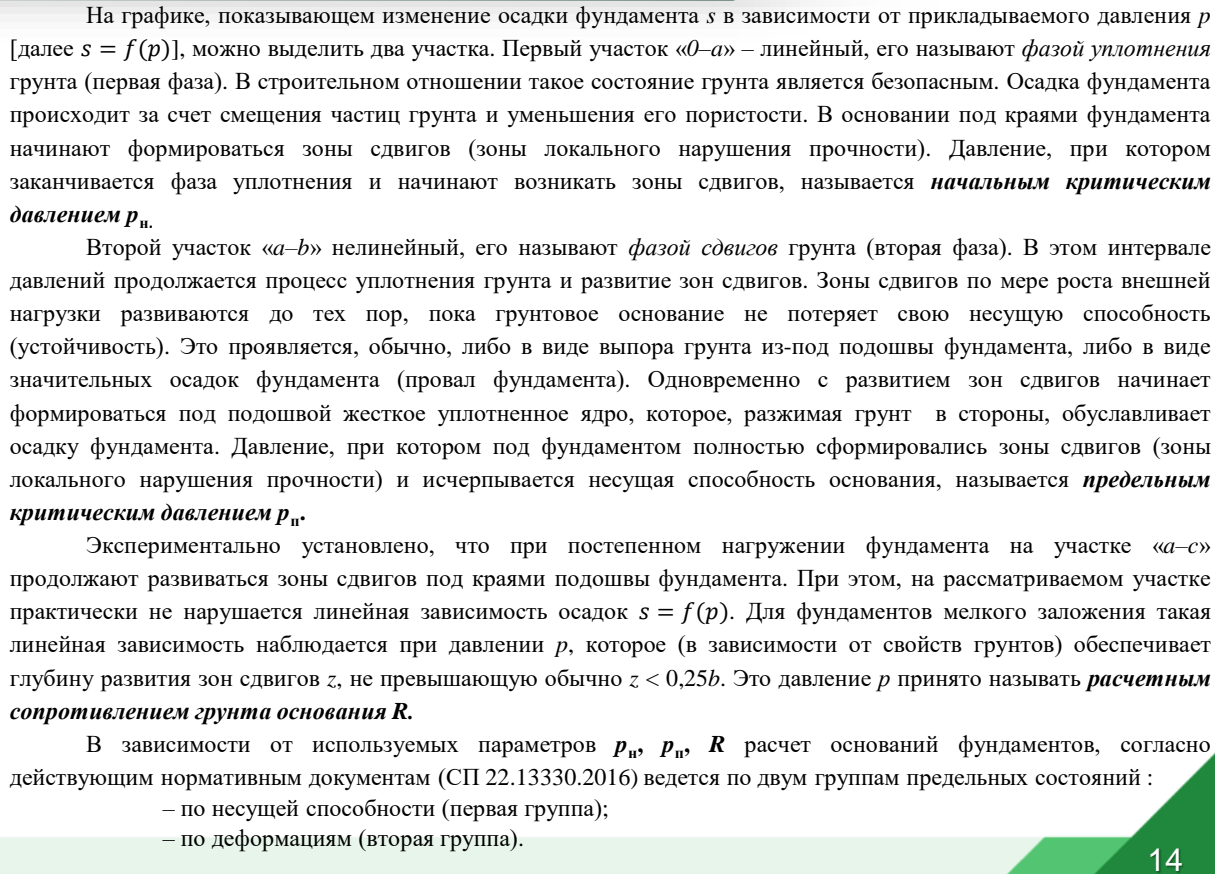


Схема комбинированного фундамента, образованного путем устройства свай под его подошвой:
 а, б – соответственно до и после усиления фундамента инъекционными сваями; 1 – колонна, 2 – отдельный фундамент; 3 – инъекционная составная (может быть металлическая или железобетонная) свая; 4 – отверстие в плитной части фундамента для устройства инъекционных свай; N_1 – внешняя нагрузка на фундамент до реконструкции здания; N_2 – то же после реконструкции здания; $N_{св}$ – доля нагрузки, передаваемая на плитную часть отдельного фундамента; $N_{ф}$ – нагрузка, передаваемая на инъекционные сваи, p – давление по подошве отдельного фундамента до его усиления, $p_{св}$ – давление по подошве отдельного фундамента после его усиления



ЛЕКЦИЯ 1. Основные положения по проектированию оснований и фундаментов

Основные принципы расчета оснований и фундаментов зданий, сооружений

Целью расчета оснований по несущей способности является обеспечение прочности и устойчивости оснований, а также недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания.

Расчет оснований фундаментов зданий, сооружений по несущей способности рекомендуется выполнять в следующих случаях (СП 22.13330.2016, п. 5.1.9):

- 1) на основание передаются значительные горизонтальные нагрузки (при строительстве подпорных стенок, при устройстве распорных конструкций, при возведении и эксплуатации зданий, сооружений в сейсмических районах и др.);
- 2) сооружение (здание) расположено на откосе или вблизи откоса;
- 3) основание сложено медленно уплотняющимися водонасыщенными глинистыми и заторфованными грунтами (при коэффициенте водонасыщения $S_r \geq 0,85$ и коэффициенте консолидации $C_\gamma \leq 10^7$ см/год);
- 4) основание сложено скальными грунтами;
- 5) здание, сооружение относится к первому уровню ответственности (ГОСТ 27751);
- 6) увеличивается нагрузка на основание при реконструкции зданий, сооружений.

Расчет основания фундаментов по несущей способности сводится к проверке условия:

$$F \leq \frac{F_u \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (1.1)$$

где F – расчетная нагрузка на основание (результатирующая) при ее наиболее невыгодном сочетании, кН;

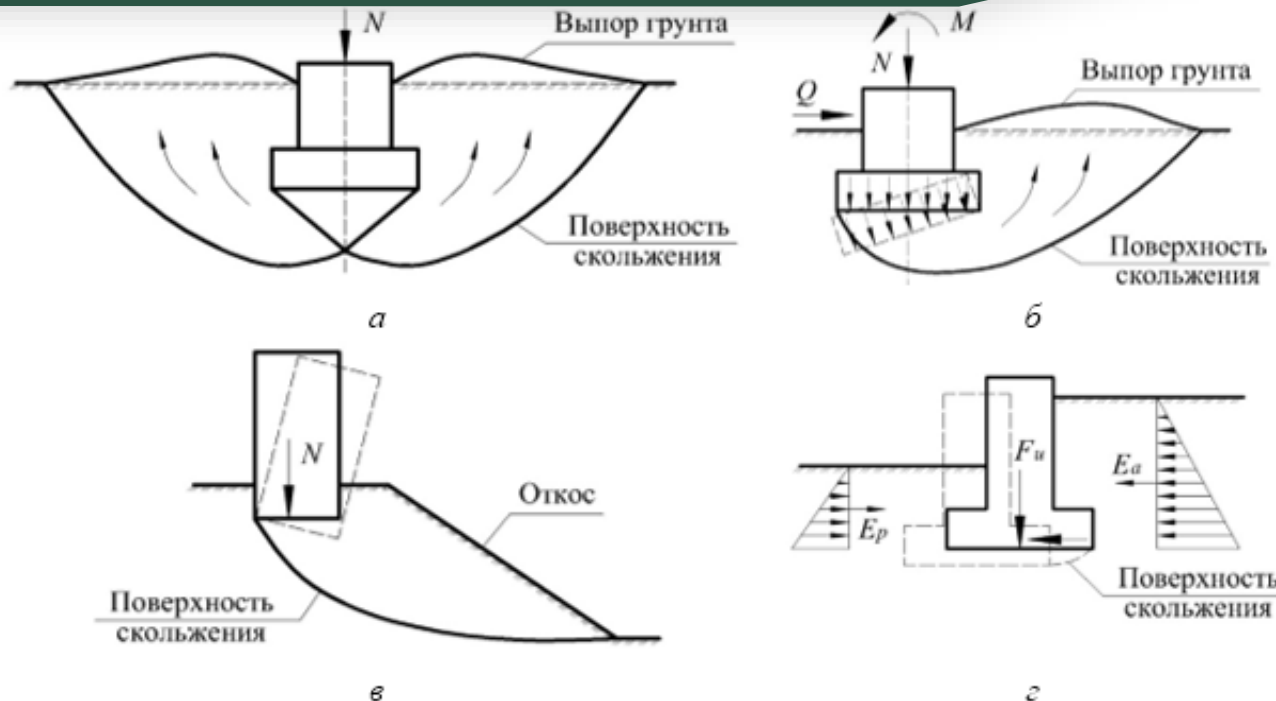
F_u – сила предельного сопротивления (несущая способность) основания для действующего направления нагружения, определяется по данным СП 22.13330.2016, кН;

γ_c – коэффициент условий работы ($\gamma_c = 0,8–1,0$), принимаемый в зависимости от вида грунта;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности ($\gamma_n = 1,1–1,20$), принимаемый в зависимости от геотехнической категории (3, 2 или 1) сооружения.

Для промышленных и гражданских зданий, сооружений расчет оснований по первой группе предельных состояний (несущей способности) в большинстве случаев является поверочным. Расчеты выполняются, обычно, в том случае, когда появляются реальные условия потери прочности и устойчивости оснований зданий и сооружений (Справочник геотехника, 2014, 2016; и др.).

Расчет оснований и фундаментов по несущей способности



Характерные схемы потери устойчивости грунтов в основании фундаментов:
 а, б – соответственно при действии значительных вертикальных и горизонтальных нагрузок;
 в – при строительстве зданий, сооружений на бровке откосов;
 г – при строительстве подпорных стенок и других удерживающих сооружений

Расчет оснований и фундаментов по деформациям

Целью расчета оснований по деформациям является ограничение абсолютных или относительных перемещений грунта такими пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения (здания) и не снижается его долговечность.

Расчет оснований зданий, сооружений по второй группе предельных состояний (по деформациям) является основным (обязательным), так как обеспечивает их нормальную эксплуатацию и долговечность. Поэтому проверяются условия (СП 22.13330.2016):

$$s \leq s_u, \quad (1.2)$$

где s – осадка основания фундамента (совместная деформация основания и сооружения), мм;

s_u – предельное значение осадки основания и фундамента (совместной деформации основания и сооружения), определяемое по данным СП 22.13330.2016, мм.

Левая часть условия (1.2) определяется расчетом. Она зависит от нагрузок, передаваемых на основание, основных размеров фундаментов, напластования грунтов и их деформационных свойств.

Правая часть условия (1.2) зависит от чувствительности строительных конструкций к неравномерным осадкам основания и эксплуатационных требований, предъявляемых к зданиям, сооружениям.

В зависимости от типа сооружения (здания), его жесткостных параметров, грунтов строительной площадки, совместная деформация может характеризоваться

1. Абсолютной осадкой (подъемом) основания отдельного фундамента s_i :

$$s_i \leq s_{ui}. \quad (1.2a)$$

2. Средней осадкой основания фундамента \bar{s} :

$$\bar{s} \leq \bar{s}_u. \quad (1.2б)$$

3. Относительной разностью осадок (подъемов) основания двух фундаментов $\Delta s_i/L$:

$$\frac{\Delta s_i}{L} \leq \frac{\Delta s_{ui}}{L}. \quad (1.2в)$$

4. Креном фундамента (сооружения) i :

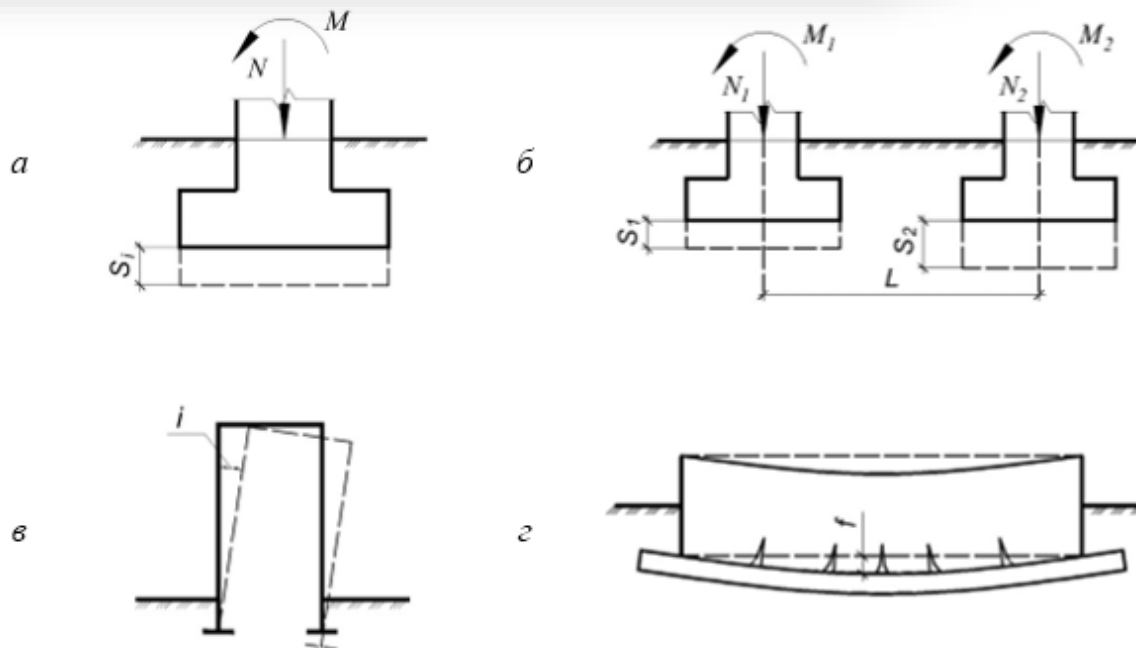
$$i \leq i_u. \quad (1.2г)$$

5. Относительным прогибом или выгибом f/L :

$$\frac{f}{L} \leq \left(\frac{f}{L}\right)_u, \quad (1.2д)$$

где s_{ui} , \bar{s}_u , $\Delta s_{ui}/L$, i_u , $(f/L)_u$ – соответственно предельно допустимые значения абсолютной осадки (подъема) основания отдельного фундамента, средней осадки фундамента, относительной разности осадок (подъемов) двух фундаментов, крена фундамента, относительного прогиба или выгиба фундамента.

Расчет оснований и фундаментов по деформациям



Схемы совместных деформаций основания и сооружения:

a – абсолютная осадка s_i отдельного фундамента; $б$ – относительная разность осадок $\Delta s_i / L$ (L – расстояние между фундаментами); $в$ – крен фундамента (сооружения) i ; $г$ – относительный прогиб или выгиб f / L (L – длина изгибаемого участка сооружения)



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина
*заведующий кафедрой «Основания и фундаменты»,
д-р техн. наук, профессор Полищук А. И.*