

# **ВВЕДЕНИЕ**

Подготовка специалистов в области промышленного, гражданского, транспортного, сельскохозяйственного и других видов строительства тесно связана с освоением геотехнических дисциплин, изучение которых требует знания основ по методам расчета характеристик грунтов и их оснований, проектирования фундаментов мелкого и глубокого заложения, свайных фундаментов, подпорных стен и ограждений, искусственных оснований.

В процессе изучения дисциплины «Основания и фундаменты» студенты должны освоить теоретический курс, выполнить курсовой проект, сдать экзамен по дисциплине. Работа над курсовым проектом позволяет приобрести на- выки самостоятельного выполнения расчетов, конструирования фундаментов, проведения технико-экономических сопоставлений их вариантов.

Содержание дисциплины довольно полно изложено в современных учебниках и учебных пособиях. При этом основной объем теоретического материала излагается студентам на лекциях, а значительный его объем усваивается ими самостоятельно. На практических и самостоятельных занятиях теоретический материал должен закрепляться путем решения практических задач и выполнения курсового проекта.

Однако, как показывает педагогический опыт и производственная практика, без серьезных тренировочных навыков теория и элементы проектирования оснований и фундаментов усваиваются обучающимися формально и поверхно- стно.

Отчасти этому способствует отсутствие соответствующих учебно-методических пособий по решению практических задач, что создает определенные трудности для более эффективного и глубокого освоения студентами теоретического материала по указанному предмету. При этом за последние годы появились новые фундаментные конструкции, технологии их устройства, методы расчетов, которые должны быть освоены современными инженерами-строителями, работающими в области геотехники.

С учетом этого авторами было разработано настоящее учебное пособие, которое охватывает почти все основные разделы, касающиеся расчетов оснований и фундаментов по современным техническим нормам. При этом оно включает краткое изложение методик расчета по соответствующим разделам дисциплины и примеры решения задач.

Настоящая книга предназначена для студентов, обучающихся по специальности «Строительство» строительных факультетов, слушателей институтов повышения квалификации по специальности «Инженер-строитель», а также может быть использована инженерами проектных и строительных организаций при проектировании и устройстве подземных частей зданий и сооружений.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Фундаментом называется подземная часть здания или сооружения, которая служит для восприятия и передачи нагрузок от надземных конструкций на грунты основания. В практике строительства широко применяются следующие типы фундаментов:

- фундаменты мелкого заложения, иногда называемые фундаментами устраиваемыми в открытых котлованах (глубиной  $d < 5$  м). Более подробно фундаменты мелкого заложения рассмотрены в разделе 2;
- свайные фундаменты, позволяющие передавать нагрузку от надземных конструкций на относительно глубоко расположенные слои грунтов, обладающих лучшими прочностными и деформационными характеристиками. Более подробно свайные фундаменты рассмотрены в разделе 3;
- фундаменты глубокого заложения, позволяющие передавать нагрузку на плотные слои грунтов, расположенных на больших глубинах (30 м и более). Эти фундаменты относятся к специальным видам и в данном учебном пособии не рассматриваются. Материалы по их проектированию и устройству приведены в главе 14 [1].

Основанием называют напластование грунтов, которые воспринимают нагрузку от надземных конструкций (включая вес фундамента и грунта на его обрезах). Слой, находящийся непосредственно под подошвой фундамента, называется несущим, а нижележащие — подстилающими. Основания делятся на естественные (когда грунты используются в условиях их природного залегания) и искусственные (когда свойства грунтов улучшаются путем их уплотнения, упрочнения или закрепления).

В соответствии с действующими нормами [2, 3] проектирование оснований и фундаментов производится по двум группам предельных состояний:

- первая группа — по несущей способности;
- вторая группа — по деформациям.

**Расчет оснований по несущей способности** производится с целью обеспечения прочности и устойчивости грунтов основания фундаментов сооружений, особенно на слабых водонасыщенных грунтах, недопущения сдвига фундамента по подошве, опрокидывания или сползания сооружений на откосах. Необходимость проведения и особенности расчета оснований по несущей способности рассмотрены в разделе 1.3 учебного пособия «Механика грунтов» [12].

**Расчет оснований по деформациям** является основным для большинства промышленных и гражданских зданий и сооружений.

В соответствии с действующими нормативными документами [2, 3] этот расчет производится из условия

$$s \leq s_u; \quad (1.1)$$

$$(\Delta s / L) \leq (\Delta s / L)_u \quad \text{или} \quad i \leq i_u, \quad (1.2)$$

где  $s$  — совместная деформация основания и сооружения, определяемая расчетом;  $s_u$  — предельное значение совместной деформации основания и сооружения;  $\Delta s$  — разность между осадками соседних фундаментов, определяемая расчетом;  $L$  — расстояние между осями рассматриваемых соседних фундаментов;  $(\Delta s / L)$  — относительная разность осадок;  $(\Delta s / L)_u$  — предельно допустимое значение относительной неравномерности осадки;  $i$  — крен сооружения по расчету;  $i_u$  — предельно допустимый крен сооружения.

Значения предельных деформаций оснований для различных зданий и сооружений приведены в СП 22.13330.2011 (прил. Д) [2] и в (табл. 3.2) [1].

## 2. ФУНДАМЕНТЫ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

### 2.1. Общие положения

Фундаменты мелкого заложения нагружку на основание передают через подошву. Соотношение их размеров не превышает  $H_f / b_f \leq 4$  (где  $H_f$  — высота фундамента,  $b_f$  — его ширина), поэтому эти фундаменты можно рассматривать как жесткие конструкции.

Верхняя часть (плоскость) фундаментов, на которую опираются надземные конструкции, называется обрезом, нижняя плоскость, соприкасающаяся с основанием, — подошвой (рис. 2.1). За ширину фундамента принимают наименьший размер подошвы  $b$ , за длину — наибольший ее размер  $l$ .

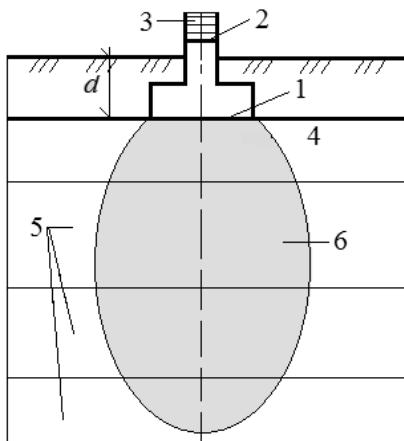


Рис. 2.1

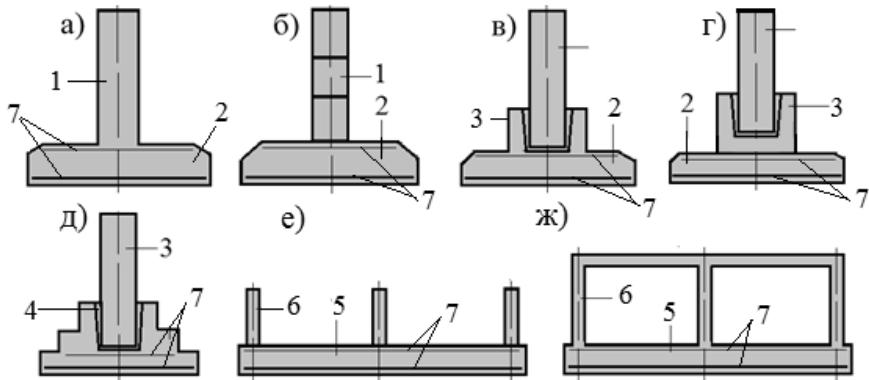
*Схема фундамента мелкого заложения:*

1 — подошва; 2 — обрез; 3 — надземная конструкция; 4 — несущий слой грунта; 5 — подстилающие слои грунта; 6 — активная зона работы (сжатия) основания;  $d$  — глубина заложения фундамента.

На рисунке 2.2 приведены типы фундаментов мелкого заложения, широко используемые в практике строительства. К ним относятся ленточные фундаменты под несущие стены (рис. 2.2 $a$ ,  $b$ ) и ряды колонн, столбчатые (отдельностоящие) фундаменты под пилоны и колонны (рис. 2.2 $c$  –  $d$ ), сплошные плиты и коробчатые — под всей площадью сооружения или его частью (рис. 2.2 $e$ ,  $ж$ ).

В железобетонных фундаментах нижняя плоская или ступенчатая часть называется плитной, а верхняя — фундаментной стеной у ленточных фундаментов или подколонником у столбчатых фундаментов. Пространство в верхней части подколонника, служащее для установки колонны, называется стаканом.

Фундаменты изготавливаются из бетона, железобетона и каменных материалов в зависимости от конструктивных особенностей сооружения. Они могут выполняться в монолитном варианте непосредственно в котловане или в сборном варианте из элементов заводского изготовления.



**Рис. 2.2**

*Поперечные разрезы типичных фундаментов мелкого заложения:*

*a — ленточный монолитный; б — ленточный сборный; в — столбчатый монолитный;  
г — столбчатый сборный; д — столбчатый монолитный многоступенчатый; е —  
сплошная плита; ж — монолитный коробчатый; 1 — фундаментная стена; 2 — фунда-  
ментная плита; 3 — подколонник; 4 — стакан; 5 — сплошная плита; 6 — несущие  
стены или колонны; 7 — арматурные каркасы или сетки.*

Для армирования элементов фундамента мелкого заложения применяются арматурные сетки и каркасы.

Высота фундамента  $H_f$  равняется расстоянию от подошвы до обреза, а расстояние от поверхности планировки до подошвы фундамента является глубиной заложения. Высота фундамента принимается исходя из жесткой заделки колонны в фундамент или глубины заложения фундамента (см. разд. 2.3 настоящего учебного пособия).

При проектировании фундаментов мелкого заложения рекомендуется придерживаться следующей последовательности.

1. Производят сбор нагрузок для характерных фундаментов (сечений).

2. Проводят оценку инженерно-геологических условий участка строительства и свойств грунтов, определяют несущий слой грунта и его расчетное сопротивление  $R$  (в расчетах допускается пользоваться значениями условного расчетного сопротивления грунта основания  $R_0$ , определяемого по таблице СП 22.13330.2011 [2]).

3. Выбирают и обосновывают глубину заложения фундамента, тип фундамента, тип основания (естественное или искусственное).

4. Определяют размеры фундамента (высоту, ширину и длину), конструируют его и рассчитывают по прочности материала.

5. Производят дополнительные расчеты основания, если они требуются (например, расчет песчаной подушки, глубинного уплотнения и т. д.).

6. Определяют конечную осадку фундамента, сравнивают его с допустимыми предельными значениями и, в случае необходимости, производят корректировку его параметров (глубины заложения, размеров и др.).

## 2.2. Сбор нагрузок на фундаменты

Сбор нагрузок на фундаменты следует производить руководствуясь положениями СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [3] и [1].

Перед началом сбора нагрузок необходимо определить грузовые площади для характерных фундаментов (сечений).

В бескаркасных зданиях грузовые площади определяются по выражению (рис. 2.3):

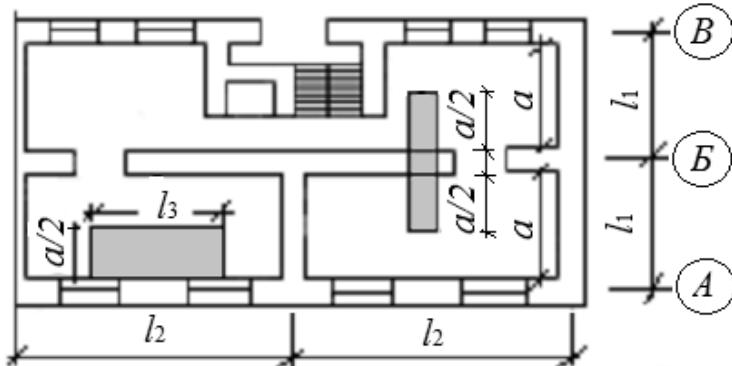
- для наружной стены:

$$A_{\text{н}} = l_3 \cdot a / 2; \quad (2.1)$$

- для внутренней стены:

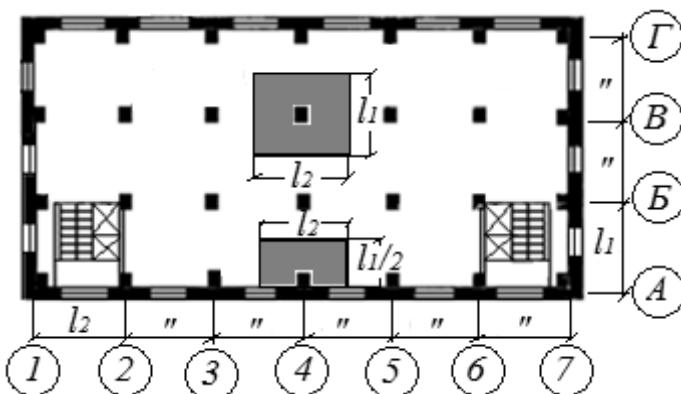
$$A_{\text{вн}} = (a / 2 + a / 2 + \delta_{cm}) \cdot 1 \text{ пм}, \quad (2.2)$$

где  $l_3$  — расстояние между серединами двух соседних оконных проемов, м;  $a$  — расстояние между несущими стенами в свету (за вычетом толщины стены), м.



**Рис. 2.3**

Схема определения грузовых площадей для бескаркасных зданий



**Рис. 2.4**

Схема определения грузовых площадей для каркасных зданий

В каркасных зданиях грузовые площади определяются по выражению (рис. 2.4 и 2.6, см. стр. 14):

- для наружной колонны:

$$A_{\text{н}} = (l_1 / 2) \cdot l_2; \quad (2.3)$$

- для внутренней колонны:

$$A_{\text{вн}} = l_1 \cdot l_2, \quad (2.4)$$

где  $l_1$  — расстояние между осями колонн в поперечном направлении, м;  $l_2$  — тоже в продольном направлении, м.

В зависимости от продолжительности действия нагрузки делятся на постоянные и временные.

К **постоянным** нагрузкам относятся — собственный вес несущих и окружающих конструкций, вес и давление грунтов.

Учитывая, что при сборе нагрузок отсутствуют данные о размерах фундамента, его весе и весе грунта на его уступах, в первом приближении допускается принимать расчетную нагрузку от них в пределах 10...25% нагрузки, действующей по обрезу. В дальнейшем проверочный расчет производят по принятым размерам фундамента.

**Временные** нагрузки в зависимости от длительности их действия подразделяются на длительные и кратковременные. При расчете оснований по несущей способности, а также для расчета конструкций фундаментов и подборе арматуры в них для временных нагрузок, для которых предусмотрены два значения, принимается их полное (кратковременное) значение, при определении размеров фундаментов на естественном основании и при расчетах по деформациям любых типов фундаментов (второе предельное состояние) — пониженное (длительное) значение.

В целом каждый раз необходимо делать два сabora нагрузок: вначале для расчетов по I предельному состоянию, а потом по II. Учитывая трудоемкость этого процесса, на практике часто используют среднее значение коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_{f,m}$ , принимаемое обычно равным  $\gamma_{f,m} = 1,2$ . В таком случае нагрузка и момент на фундамент для расчета по деформации определяются по формулам

$$F_{0II} = F_{0I} \cdot \gamma_{f,m}; \quad M_{0II} = M_{0I} \cdot \gamma_{f,m}, \quad (2.5)$$

где  $F_{0II}$  и  $M_{0II}$  — соответственно нагрузки и момент, действующие по обрезу фундамента, при расчете по первой группе предельных состояний.

Пониженное (длительное) значение временной нагрузки получают путем умножения ее полного нормативного значения на понижающий коэффициент (табл. 2.1).

Районирование территории принимается по карте 5 приложения Ж [5].

Полное нормативное значение полезной нагрузки (от людей, мебели и оборудования на перекрытия, лестницы и полы по грунту) следует принимать по [4] или таблице 3.4 [1]; полное нормативное значение нагрузки от автотранспорта — по [4] или таблице 3.5 [1].

Таблица 2.1

### Понижающие коэффициенты

Источник нагрузки	Понижающий коэффициент
1. Полезная нагрузка	0,35*
2. Автотранспорт	0,35
3. Снег	0,7**

Примечание. \* — для нагрузок, указанных в позициях 5, 8, 9, в и 11 [4], таблица 3.4 [1], понижающий коэффициент не применяется; \*\* — согласно [5] коэффициент 0,7 принимается для районов со средней температурой января минус 5°C и ниже. Для районов со средней температурой января выше минус 5°C пониженное значение снеговой нагрузки не учитывается.

Величина нормативного значения снеговой нагрузки, приходящейся на покрытие, зависит от снегового района строительства, профиля и уклона кровли. Снеговой район следует принимать по карте 1 [5] или гл. 10 [1]. В общем случае нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяется по формуле

$$S_0 = 0,7\mu \cdot S_g, \quad (2.6)$$

где  $\mu$  — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый по приложению Г [5];  $S_g$  — вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемый по таблице 1.2 [5].

Таблица 2.2

### Вес снегового покрова

Снеговые районы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$S_g$ , кПа	0,8	1,2	1,8	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6

Основными характеристиками нагрузок являются их нормативные значения. Расчетное значение нагрузки получают путем умножения ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ . Этот коэффициент учитывает возможное отклонение значений нагрузок, принятых в проекте, в условиях реального строительства.

Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для временных нагрузок приведены в таблице 2.3, для веса строительных конструкций и грунтов — в таблице 2.4.

Таблица 2.3

### Коэффициенты надежности по нагрузке $\gamma_f$ для временных нагрузок

Источник нагрузки	$\gamma_f$
Нагрузки, указанные в [4] и табл. 3.4 [1]:	
— при полном нормативном значении менее 2,0 кПа	1,3
— при полном нормативном значении 2,0 кПа и более	1,2
Снеговые	1,4
Ветровые	1,4
От автотранспорта	1,2

Таблица 2.4

**Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$   
для веса строительных конструкций и грунтов**

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$
Конструкции:	
– металлические	1,05
– бетонные (со средней плотностью выше $16 \text{ кН}/\text{м}^3$ ), ж / бетонные, каменные, армокаменные, деревянные	
– бетонные (со средней плотностью $16 \text{ кН}/\text{м}^3$ и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засыпки, стяжки и т. п.), выполняемые:	1,1
• в заводских условиях	1,2
• на строительной площадке	1,3
Грунты:	
– в природном залегании	1,1
– насыпные	1,15

**Примечания:**

- Значения коэффициента надежности приняты по [1, табл. 3.8].
- При проверке конструкций на устойчивость положения против опрокидывания, а также в других случаях, когда уменьшение веса конструкций и грунтов может ухудшить условия работы конструкций, следует произвести расчет, принимая для веса конструкции или ее части коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 0,9$ .
- При определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складируемых материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемые на грунт.
- Для металлических конструкций, в которых усилия от собственного веса превышают 50% общих усилий, следует принимать  $\gamma_f = 1,1$ .

В общем случае полное нормативное значение нагрузки вычисляется по формуле

$$q = \gamma_n \cdot P_n, \quad (2.7)$$

где  $\gamma_n$  — коэффициент надежности по ответственности здания;  $P_n$  — нормативное значение нагрузки от рассматриваемого источника.

Полное расчетное значение нагрузки определяется по формуле

$$p_{n,q} = q \cdot \gamma_f, \quad (2.8)$$

где  $\gamma_f$  — коэффициент надежности по нагрузке.

Помимо коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  учитываются следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности по ответственности зданий и сооружений  $\gamma_n$ ;
- коэффициенты сочетаний нагрузок  $\psi_1$  и  $\psi_i$ ;
- понижающие коэффициенты  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$  или  $\varphi_4$ .

Коэффициент надежности  $\gamma_n$  учитывает уровень ответственности проектируемого сооружения. На данный коэффициент умножаются значения нагрузок при расчете по I предельному состоянию.

При расчете по II предельному состоянию этот коэффициент допускается принимать равным единице. Уровни ответственности зданий следует принимать по [4].

Минимальные значения коэффициента  $\gamma_n$  приведены в таблице 2.5.

*Таблица 2.5*

**Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности зданий и сооружений  $\gamma_n$**

Уровень ответственности	$\gamma_n$
1а	1,2
1б	1,1
2	1,0
3	0,9

*Примечание.* Значения коэффициентов приняты по [4, табл. 2].

Коэффициенты сочетаний нагрузок  $\psi_1$  и  $\psi_t$  вводятся для учета вероятности одновременного действия нескольких видов нагрузок — постоянных, длительных, кратковременных и особых.

Различают два сочетания нагрузок:

- основное, состоящее из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок;
- особое, состоящее из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.

Для основных и особых сочетаний нагрузок коэффициент сочетаний длительных нагрузок  $\psi_1$  принимается: для первой (по степени влияния) длительной нагрузки — 1,0, для остальных — 0,95.

Для основных сочетаний коэффициент сочетаний  $\psi_t$  для кратковременных нагрузок принимается: для первой (по степени влияния) кратковременной нагрузки — 1,0, для второй — 0,9, для остальных — 0,7.

Для особых сочетаний коэффициенты сочетаний для всех кратковременных нагрузок принимаются равными 0,8, за исключением случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений в сейсмических районах и в нормах проектирования конструкций и оснований.

Понижающие коэффициенты  $\phi_1$ ,  $\phi_2$ ,  $\phi_3$  или  $\phi_4$  допускается вводить при сбое нагрузок на фундаменты, воспринимающие нагрузку от одного или нескольких перекрытий. При расчете фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия, нормативные значения временных нагрузок, указанные в таблице 3.4 [1], следует снижать в зависимости от грузовой площади  $A$ , м<sup>2</sup>, рассчитываемого элемента умножением на коэффициент сочетания  $\phi_1$  или  $\phi_2$ , равный:

а) для помещений, указанных в поз. 1, 2, 12а [4] и таблице 3.4 [1] (при  $A > A_1 = 9$  м<sup>2</sup>),

$$\phi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A}{A_1}}}; \quad (2.9)$$

б) для помещений, указанных в поз. 4, 11, 12б [4] и таблице 3.4 [1] (при  $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$ ),

$$\phi_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{\frac{A}{A_l}}}. \quad (2.10)$$

При расчете фундаментов под стены, воспринимающие нагрузки от одного перекрытия, значения нагрузок следует снижать в зависимости от грузовой площади  $A$  рассчитываемых элементов, опирающихся на стены.

Для фундаментов, воспринимающих нагрузки от двух перекрытий и более, полные нормативные значения временных нагрузок, указанные в [4] и таблице 3.4 [1], следует снижать умножением на коэффициент сочетания  $\phi_3$ :

а) для помещений, указанных в поз. 1, 2, 12а, таблица 3.4 [1]:

$$\phi_3 = 0,4 + \frac{\phi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad (2.11)$$

б) для помещений, указанных в поз. 4, 11, 12б, таблица 3.4 [1]:

$$\phi_4 = 0,5 + \frac{\phi(\phi_2 - 0,5)n}{\sqrt{n}}, \quad (2.12)$$

где  $n$  — общее число перекрытий (для помещений, указанных в таблице 3.4 [1], поз. 1, 2, 4, 11, 12а, б), нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

**Пример 2.1.** Требуется определить нагрузки, приходящиеся на фундамент наружной и внутренней колонны 6-этажного административного здания. Здание каркасное монолитное железобетонное: перекрытия и покрытие толщиной 0,2 м, колонны сечением  $0,3 \times 0,3$  м. Ограждающие конструкции из стеновых панелей толщиной 0,3 м. План этажа, разрез по зданию и конструкция перекрытия приведены на рисунке 2.5. Уровень ответственности здания: 2. Место строительства: г. Санкт-Петербург.

*Порядок расчета.* Выполним сбор нагрузок на фундамент на пересечении осей "4" и "А". Коэффициент надежности по ответственности для данного уровня ответственности здания:  $\gamma_n = 1,0$ .

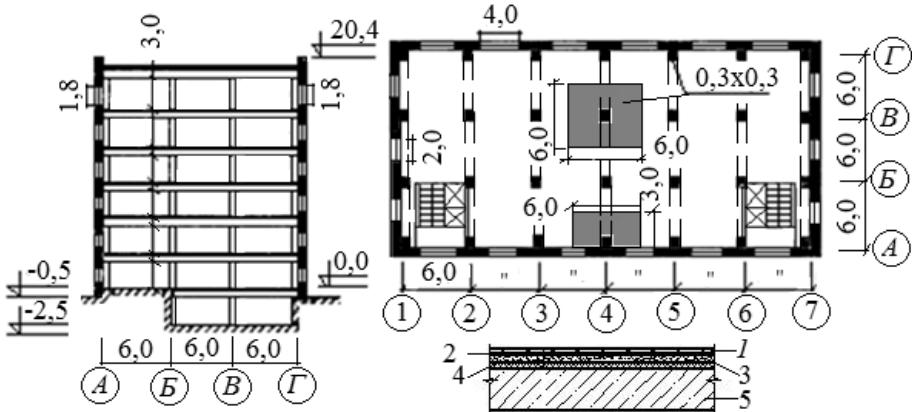
Вычислим расчетные значения всех постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

*Постоянные нагрузки.* Определим грузовую площадь для данного фундамента (рис. 2.6):

$$A_h = (l_1 / 2) \cdot l_2 = (6,0 / 2) \cdot 6,0 = 18 \text{ м}^2, \quad l_1 = l_2 = 6,0 \text{ м.}$$

Нормативная нагрузка от монолитной железобетонной плиты перекрытия составит:

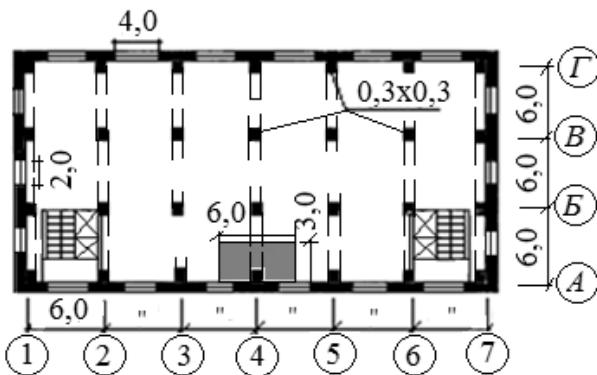
$$N_{\text{нос1}}^H = \gamma_n \cdot \rho \cdot \delta \cdot A = 1,0 \cdot 25 \cdot 0,2 \cdot 18,0 = 90 \text{ кН.}$$



**Рис. 2.5**

*Разрез, план и конструкция перекрытия административного здания к примеру 2.1:*

I — паркетная доска ( $\delta = 20$  мм); 2 — твердая плита ДВП ( $\delta = 5$  мм); 3 — цементно-песчаная стяжка ( $\delta = 40$  мм); 4 — экструдированный пенополистирол ( $\delta = 35$  мм); 5 — ж / б плита перекрытия ( $\delta = 200$  мм).



**Рис. 2.6**

*Схема к определению грузовой площади для наружной колонны*

Аналогично определим нормативные значения от остальных слоев конструкции пола:

- звукоизоляционный слой из экструдированного пенополистирола ( $\rho = 0,35$  кН/м<sup>3</sup>,  $\delta = 0,035$  м):

$$N_{\text{пос}2}^H = \gamma_n \cdot \rho \cdot \delta \cdot A = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 0,035 \cdot 18 = 0,19 \text{ кН};$$

- цементно-песчаная стяжка ( $\rho = 18$  кН/м<sup>3</sup>,  $\delta = 0,04$  м):

$$N_{\text{пос}3}^H = \gamma_n \cdot \rho \cdot \delta \cdot A = 1,0 \cdot 18 \cdot 0,04 \cdot 18 = 13 \text{ кН};$$

- плиты ДВП ( $\rho = 8$  кН/м<sup>3</sup>,  $\delta = 0,005$  м):

$$N_{\text{пос}4}^H = \gamma_n \cdot \rho \cdot \delta \cdot A = 1,0 \cdot 8 \cdot 0,005 \cdot 18 = 0,72 \text{ кН};$$

- паркетная доска ( $\rho = 6 \text{ кН}/\text{м}^3$ ,  $\delta = 0,02 \text{ м}$ ):

$$N_{\text{пос5}}^{\text{H}} = \gamma_n \cdot \rho \cdot \delta \cdot A = 1,0 \cdot 6 \cdot 0,02 \cdot 18 = 2,2 \text{ кН.}$$

Определим нормативную нагрузку от покрытия, принимая вес плиты покрытия вместе с конструкцией кровли равным  $7 \text{ кН}/\text{м}^2$ :

$$N_{\text{пос6}}^{\text{H}} = 7\gamma_n \cdot A = 7 \cdot 1,0 \cdot 18 = 126 \text{ кН.}$$

Нормативная нагрузка от колонны сечением  $a \cdot b = 0,3 \cdot 0,3 \text{ м}$  высотой  $H = 19,8 \text{ м}$  составит:

$$N_{\text{пос7}}^{\text{H}} = \gamma_n \cdot a \cdot b \cdot \rho \cdot H = 1,0 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot 25 \cdot 19,8 = 44,6 \text{ кН.}$$

К колонне примыкают монолитные балки сечением  $b \cdot h = 0,3 \cdot 0,4 \text{ м}$  и длиной  $L = 6,0 - a = 6,0 - 0,3 = 5,7 \text{ м}$ . Нагрузка от балки:

$$N_{\text{пос8}}^{\text{H}} = \gamma_n \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot L = 1,0 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot (5,7 / 2) = 8,6 \text{ кН.}$$

Нормативная нагрузка от ограждающих стеновых панелей толщиной  $0,3 \text{ м}$

$$N_{\text{пос9}}^{\text{H}} = \gamma_n \cdot (H \cdot l_2 - h_{\text{ок}} \cdot b_{\text{ок}} \cdot n) \cdot \delta \cdot \rho = 1,0 \cdot (20,4 \cdot 6 - 1,8 \cdot 4 \cdot 6) \cdot 23 \cdot 0,3 = 546,5 \text{ кН,}$$

где  $H$  — высота стены,  $n$  — количество этажей.

Коэффициенты надежности по нагрузке для постоянных нагрузок принимаем по таблице 2.4 и записываем в таблицу 2.6 значения нормативных и расчетных постоянных нагрузок.

Таблица 2.6

### Постоянные нагрузки на фундамент

№	Нагрузки	Нормативные, $N_{\text{пос}}^{\text{H}}$ , кН	$\gamma$	Расчетные, $N_{\text{пос}}^{\text{P}}$ , кН
1	Перекрытия шести этажей	$6 \cdot 90 = 540$	1,1	594
2	Звукоизоляционный слой на шести этажах	$6 \cdot 0,19 = 1,14$	1,3	1,5
3	Стяжка на шести этажах	$6 \cdot 12 = 72$	1,3	93,6
4	Плиты ДВП на четырех этажах	$6 \cdot 0,72 = 4,32$	1,3	5,6
5	Паркет на шести этажах	$6 \cdot 2,2 = 13,2$	1,1	14,5
6	Плита покрытия и кровля	126	1,2	151,2
7	Колонна высотой 19,8 м	44,6	1,1	49,0
8	Балки от шести перекрытий и покрытия	$6 \cdot 8,6 = 51,6$	1,1	56,8
9	Стеновые панели шести этажей	546,5	1,1	601,2
<b>Итого:</b>		<b>1399,3</b>		<b>1567,4</b>

*Длительные и кратковременные нагрузки.* Нормативное значение полезной нагрузки на перекрытие по таблице 3.4 [1] для служебных помещений административных зданий составляет  $q_{\text{кр1}}^{\text{H}} = 2 \text{ кПа}$ .

При расчете фундаментов, воспринимающих полезные нагрузки от двух перекрытий и более, принимается понижающий коэффициент  $\varphi_3$ , вычисляемый по формуле 2.11. Для расчета по этой формуле сначала необходимо вычислить коэффициент  $\varphi_1$  по формуле 2.9:

$$\phi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A}{A_1}}} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{18}{9}}} = 0,83,$$

где  $A$  — грузовая площадь рассматриваемой колонны;  $A_1 = 9 \text{ м}^2$ .

$$\phi_3 = 0,4 + \frac{\phi_1 - 0,4}{\sqrt{n}} = 0,4 + \frac{0,83 - 0,4}{\sqrt{6}} = 0,58,$$

где  $n$  — число перекрытий.

Полная нормативная кратковременная полезная нагрузка от шести перекрытий составит:  $N_{kp1}^H = \gamma_n \cdot \phi_3 \cdot q_{kp1}^H \cdot A \cdot n = 1,0 \cdot 0,58 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 6 = 125,3 \text{ кН}$ .

Длительную полезную нагрузку получаем путем умножения кратковременной нагрузки на понижающий коэффициент, принимаемый по таблице 2.1. Для полезной нагрузки он равен 0,35:  $N_{dl1}^H = 0,35 \cdot N_{kp1}^H = 0,35 \cdot 125,3 = 43,86 \text{ кН}$ .

Нормативная снеговая нагрузка вычисляется по формуле 2.6:

$$S_0 = 0,7 \cdot \mu \cdot S_g = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 3,2 = 2,24 \text{ кПа},$$

где  $\mu$  — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие и равный 1,0;  $S_g$  — вес снегового покрова на 1  $\text{м}^2$  горизонтальной поверхности земли, принимаемый по таблице 2.2. Для г. С-Петербурга (V — снеговой район)  $S_g = 3,2 \text{ кПа}$ .

Полная нормативная кратковременная снеговая нагрузка:

$$N_{kp2}^H = \gamma_n \cdot S_0 \cdot A = 1,0 \cdot 2,24 \cdot 18 = 40,3 \text{ кН}.$$

Понижающий коэффициент для длительной снеговой нагрузки по таблице 2.1 составляет 0,7, тогда  $N_{dl2}^H = 0,7 \cdot N_{kp2}^H = 0,7 \cdot 40,3 = 28,2 \text{ кН}$ .

Нормативное значение нагрузки от перегородок принимаем равным 0,5 кН/м<sup>2</sup>. Полное нормативное значение нагрузки от перегородок для шести этажей составит:

$$N_{dl3}^H = 0,5 \cdot \gamma_n \cdot A = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 18 \cdot 6 = 54 \text{ кН}.$$

Коэффициенты надежности по нагрузке для временных нагрузок принимаем по таблице 2.3. Длительные нагрузки запишем в таблицу 2.7, кратковременные — в таблицу 2.8.

Нагрузку от фундамента и грунта на его уступах примем равным 15%. С учетом этого получим следующие сочетания:

- основное сочетание нагрузок для расчета фундамента по I предельному состоянию с учетом коэффициентов сочетания:

$$N_I^P = 1,15 \cdot (N_{pos}^P + \Psi_{kp1} \cdot N_{kp1}^P + \Psi_{kp2} \cdot N_{kp2}^P + \Psi_{dl3} \cdot N_{dl3}^P) =$$

$$= 1,15 \cdot (1567,4 + 1,0 \cdot 150,4 + 0,9 \cdot 56,4 + 1,0 \cdot 70,2) = 2114,6 \text{ кН};$$

- основное сочетание нагрузок для расчета фундамента по II предельному состоянию с учетом коэффициентов сочетания:

$$N_{II}^H = 1,15 \cdot (N_{pos}^H + \Psi_{dl1} \cdot N_{dl1}^H + \Psi_{dl2} \cdot N_{dl2}^H + \Psi_{dl3} \cdot N_B^H) =$$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)