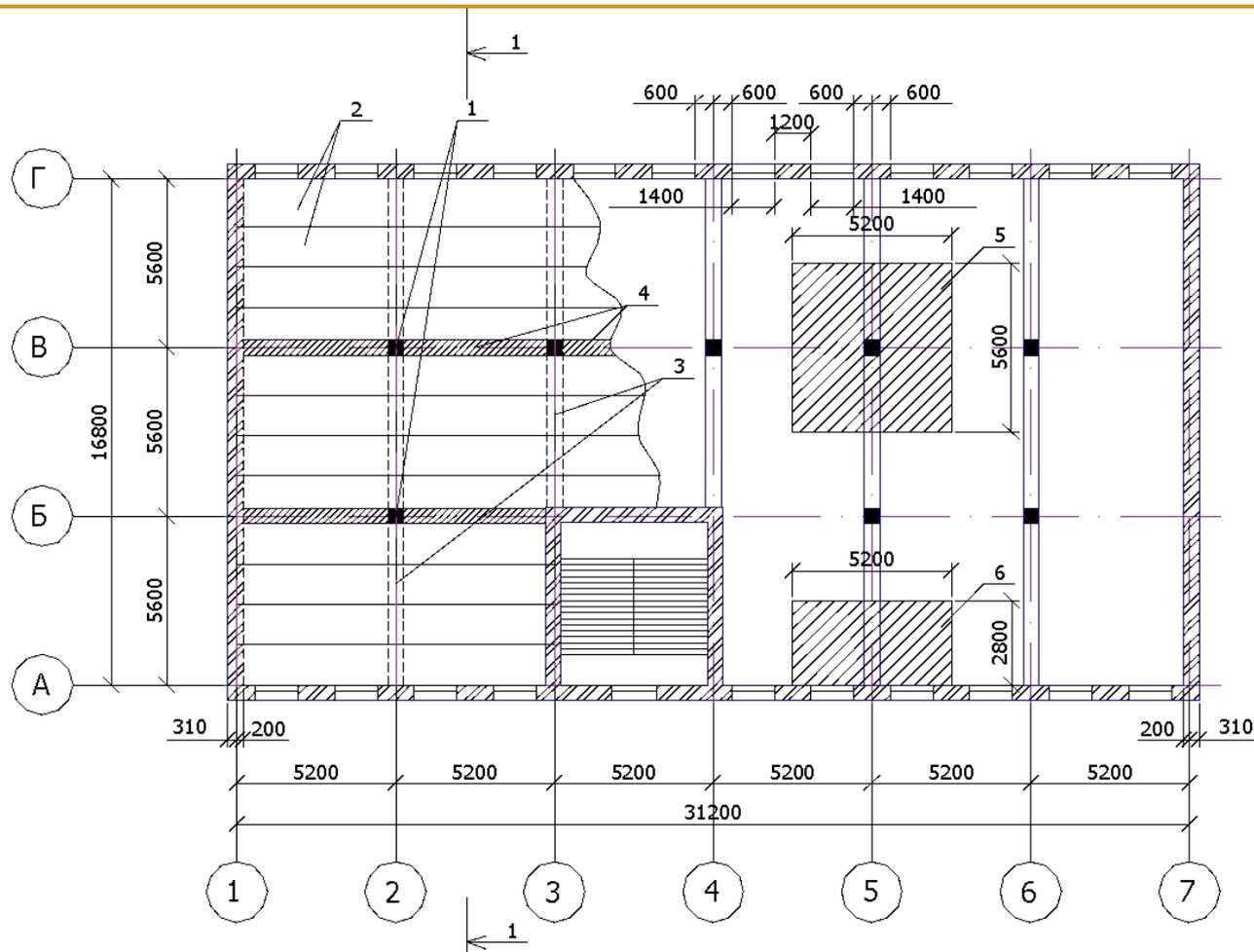


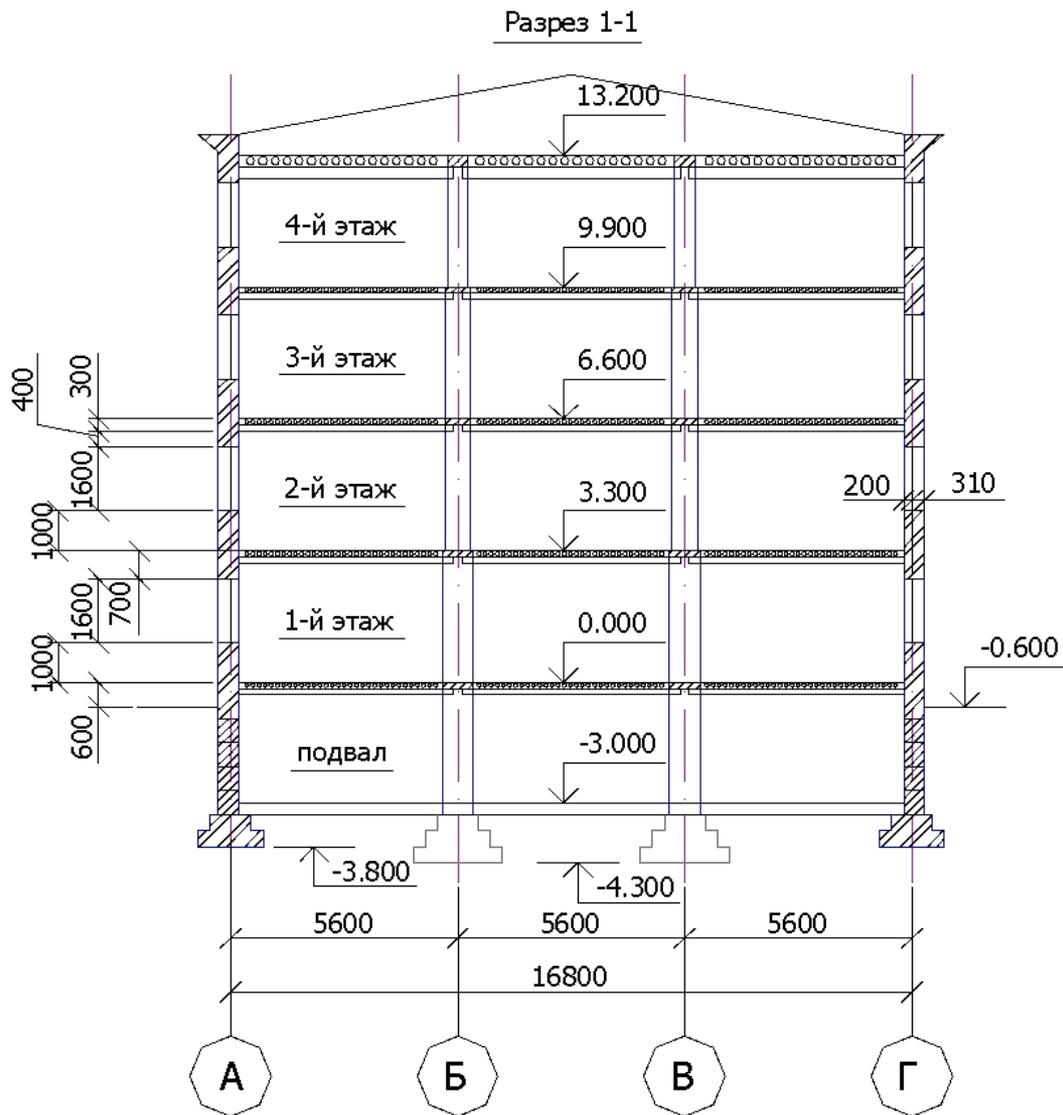
# Практическое занятие

Центрально-сжатый  
элемент

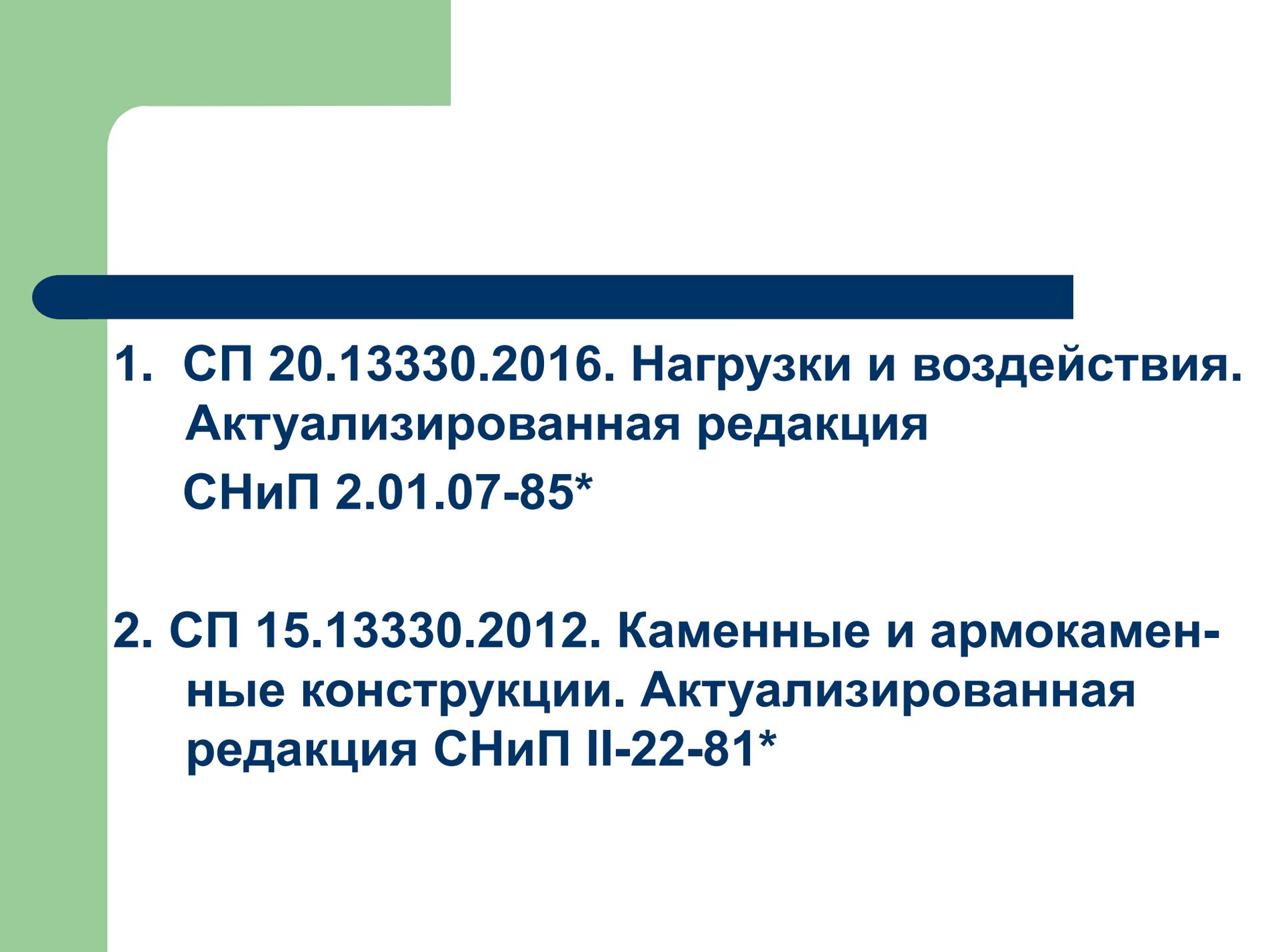




**Рис. 1. План перекрытия многоэтажного каменного здания: 1- средние опоры перекрытия – каменные столбы; 2 – плиты перекрытия; 3 – железобетонные ригели; 4 – монолитные участки перекрытия; 5 – грузовая площадь каменного столба; 6 – грузовая площадь простенка и стены подвала**



**Рис.2. Поперечный разрез здания**

- 
- 1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\***
  - 2. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\***

## Данные о здании

Поперечный шаг столбов – 5,6 м, продольный – 5,2 м (см. рис. 1). Высота этажа  $H_{\text{эт}} = 3,3$  м, высота подвала  $H_{\text{под}} = 3,0$  м. Количество этажей, включая подвальный, - 5 (рис. 2). Район строительства – г. Уфа. Отметка поверхности грунта (отмостки) – 0,6 м. Ширина оконных проемов – 1,4 м, высота – 1,2 м (см. рис. 1). Расчетное сопротивление грунта в основании фундаментов  $R_{\text{гр}} = 0,24$  МПа.

## Данные о здании

- Здание многоэтажное административное - относится к уровню ответственности КС-2 (нормальному) –  $\gamma_n = 1,0$  (ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения).

**Грузовая площадь столба  $A_{гр} =$**

# Данные о здании

Грузовая площадь столба

$$A_{\text{гр}} = 5,2 \cdot 5,6 = 29,12 \text{ м}^2$$

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000		
Обмазочная пароизоляция	50		
Утеплитель	400		
Асфальтовая стяжка толщиной 2 см	350		
Рулонный ковер	150		

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	
Обмазочная пароизоляция	50	1,3	
Утеплитель	400	1,2	
Асфальтовая стяжка толщиной 2 см	350	1,3	
Рулонный ковер	150	1,3	

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Обмазочная пароизоляция	50	1,3	65
Утеплитель	400	1,2	480
Асфальтовая стяжка 2 см	350	1,3	455
Рулонный ковер	150	1,3	195
Всего	3950		4495

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Обмазочная пароизоляция	50	1,3	65
Утеплитель	400	1,2	480
Асфальтовая стяжка 2 см	350	1,3	455
Рулонный ковер	150	1,3	195
Всего	3950		4495
<b>Временная нагрузка</b>			

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Обмазочная пароизоляция	50	1,3	65
Утеплитель	400	1,2	480
Асфальтовая стяжка 2 см	350	1,3	455
Рулонный ковер	150	1,3	195
Всего	3950		4495
<b>Временная нагрузка</b>			
Снеговая	2240	1,4	3136

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> покрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Обмазочная пароизоляция	50	1,3	65
Утеплитель	400	1,2	480
Асфальтовая стяжка 2 см	350	1,3	455
Рулонный ковер	150	1,3	195
Всего	3950		4495
<b>Временная нагрузка</b>			
Снеговая	2240	1,4	3136
<b>ИТОГО</b>	<b>6190</b>		<b>7631</b>

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000		
Дощатый пол	96		

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	
Дощатый пол	96	1,1	

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106
<b>Временная нагрузка</b>			

**Полезная нагрузка – по табл. 8.3 [1],  
Административное здание –  
2,0 кПа (2000 Па)**

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106
<b>Временная нагрузка</b>			
Полезная	2000		

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

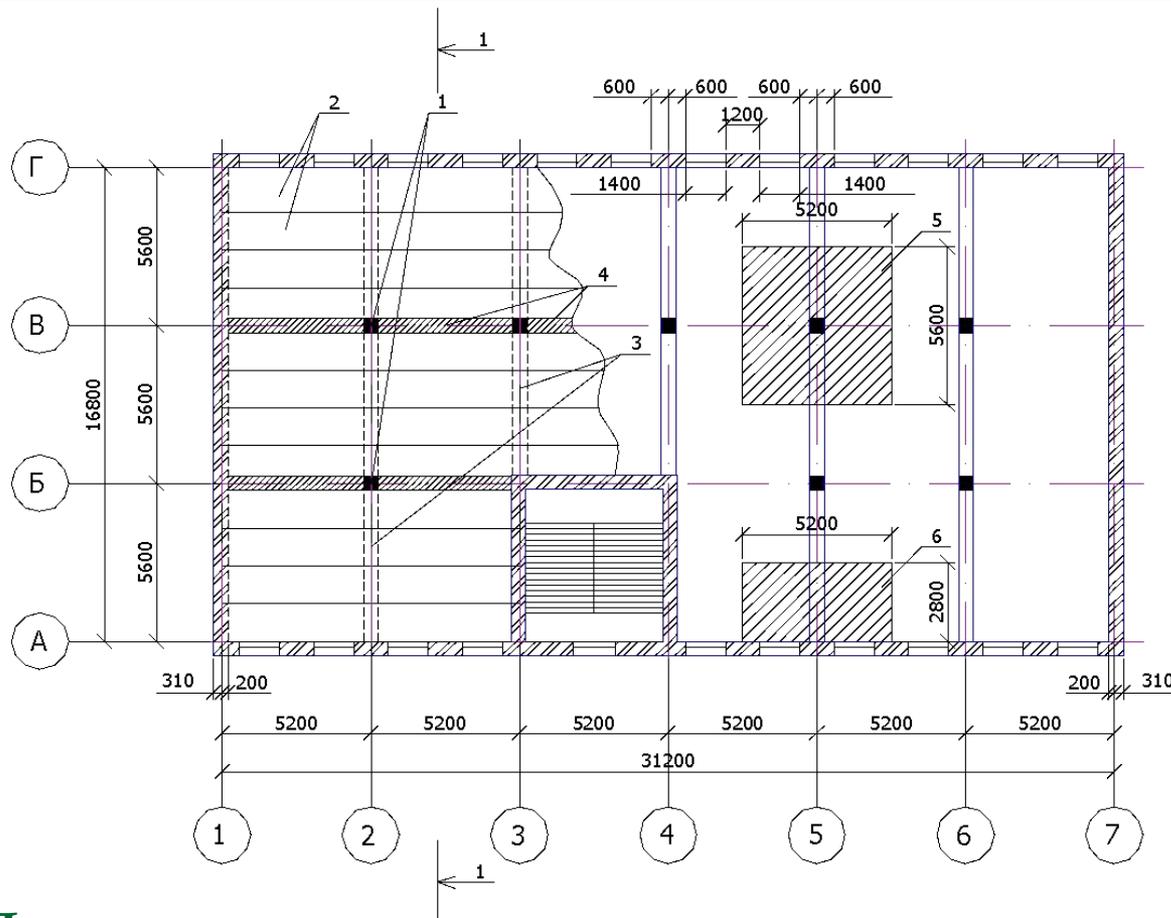
Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106
<b>Временная нагрузка</b>			
Полезная	2000	1,2	

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

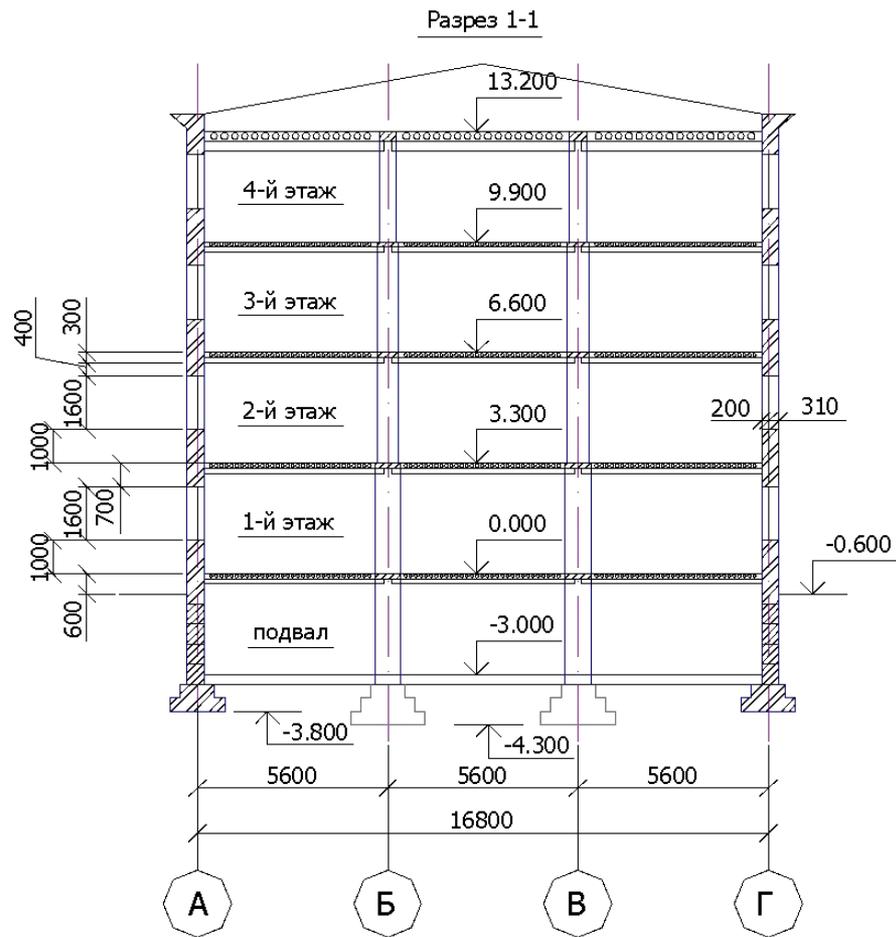
Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106
<b>Временная нагрузка</b>			
Полезная	2000	1,2	2400
<b>ИТОГО</b>			

# Значения нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

Тип нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>			
Многopустотная плита	3000	1,1	3300
Дощатый пол	96	1,1	106
<b>Временная нагрузка</b>			
Полезная	2000	1,2	2400
<b>ИТОГО</b>	<b>5096</b>		<b>5806</b>



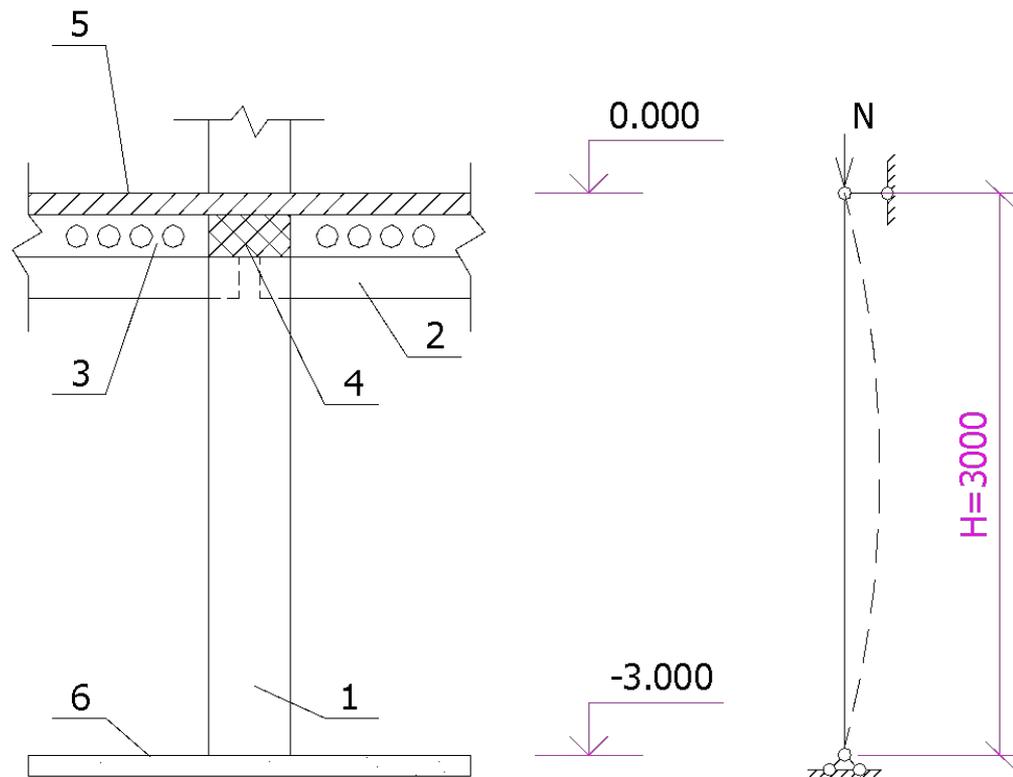
**Рис. 1. План перекрытия многоэтажного каменного здания: 1- средние опоры перекрытия – каменные столбы; 2 – плиты перекрытия; 3 – железобетонные ригели; 4 – монолитные участки перекрытия; 5 – грузовая площадь каменного столба; 6 – грузовая ощадь простенка и стены подвала**



**Рис.2. Поперечный разрез здания**

# Задание

- Необходимо произвести подбор квадратного поперечного сечения столба подвала (рис. 1, 2).
- Расчетная схема столба показана на рис. 3.
- Кладка столба выполняется из кирпича марки 125 на растворе марки 50.



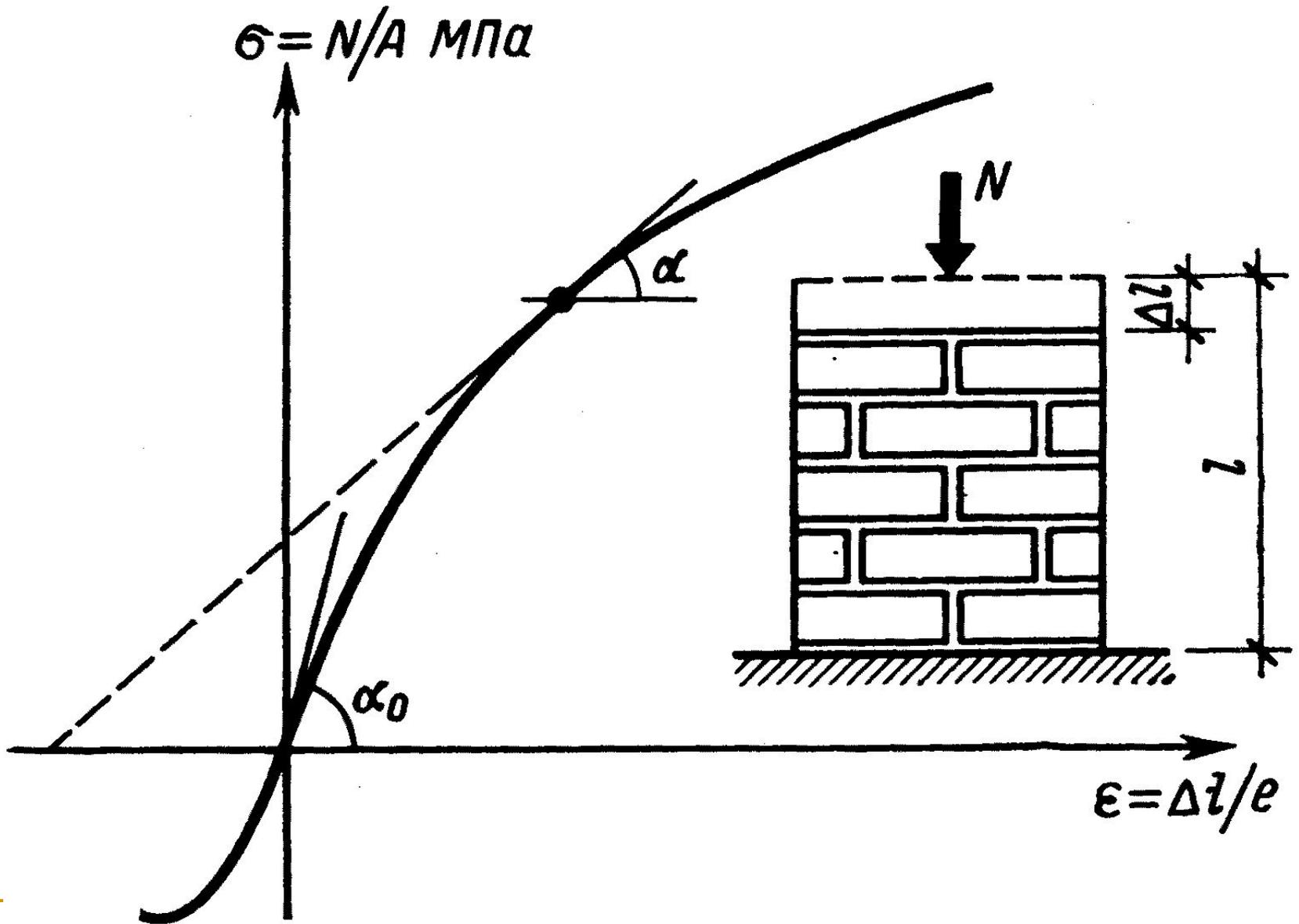
**Рис. 3. Расчетная схема центрально нагруженного каменного столба подвала: 1 – каменный столб; 2 – железобетонный ригель; 3 – плиты перекрытия; 4 – монолитные участки перекрытия; 5 – конструкция пола; 6 – бетонный пол**

- **Расчетное сопротивление кладки сжатию (табл.2 [2]):**

**R =**

- **Расчетное сопротивление кладки сжатию (табл.2 [2]):**

$$R = 1,7 \text{ МПа}$$



---

**Для идеально упругих тел  
зависимость между напряжениями  $\sigma$   
и относительными деформациями  $\varepsilon$   
выражается в соответствии с законом  
Гука прямой линией, отношение  $\sigma / \varepsilon$   
постоянно, называется оно модулем  
упругости**

$$E_{\text{упр}} = \sigma / \varepsilon = \text{const}$$

---

**Начальный модуль упругости  
(формула 1 [1])**

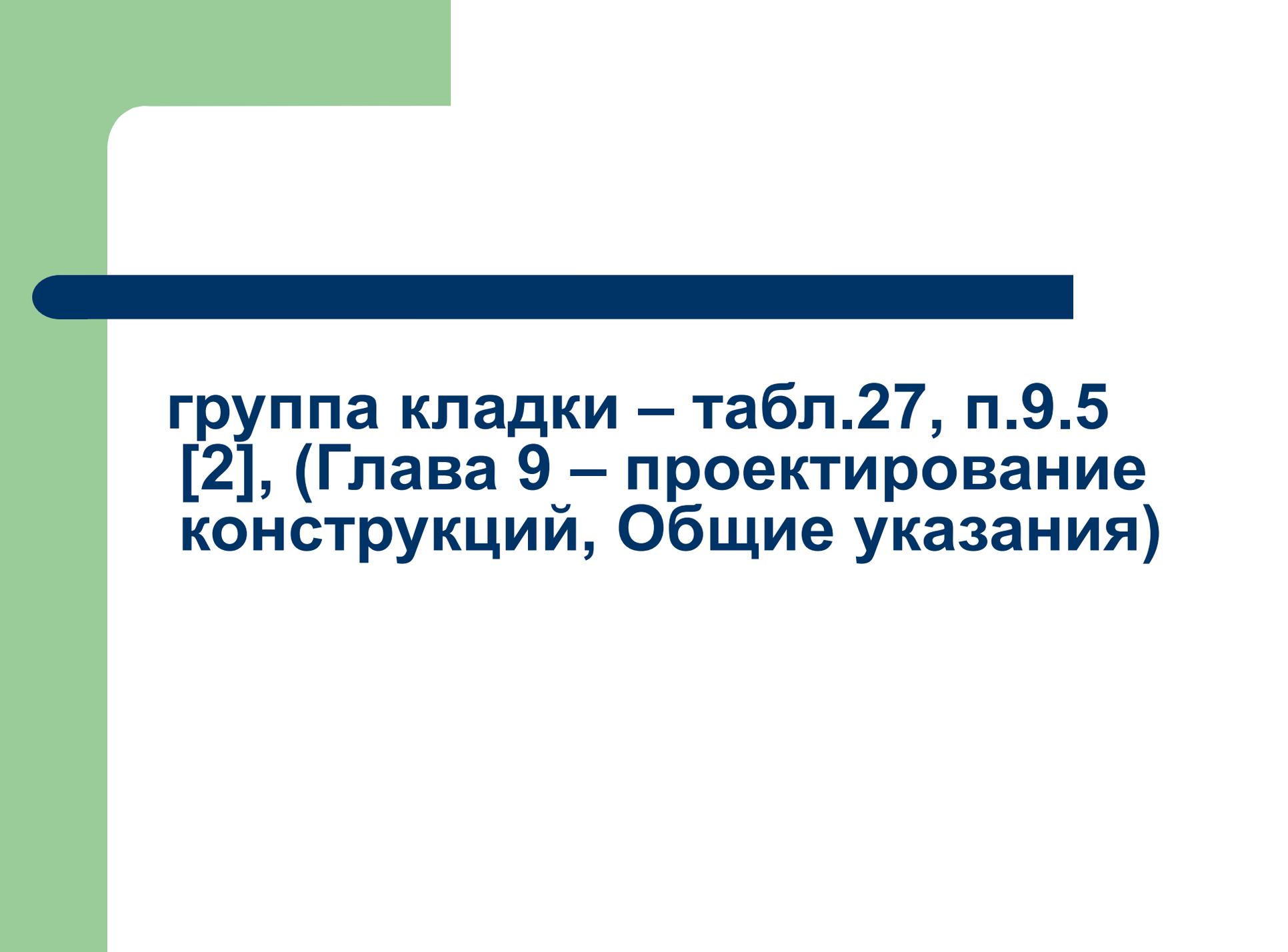
$$E_o = \alpha \cdot R_u$$

**где  $\alpha$  - упругая характеристика  
кладки, принимаемая по  
[2, табл.16].**

**упругая характеристика кладки**

**$\alpha =$**

**упругая характеристика кладки  
 $\alpha = 1000$  [2, табл. 16];**



**группа кладки – табл.27, п.9.5  
[2], (Глава 9 – проектирование  
конструкций, Общие указания)**

**группа кладки – I  
(табл.27, п.9.5 [2])**

## Решение

**Вычисляем нагрузку  $N$ , приходящуюся на столб подвала, как сумму ее компонентов от всех вышележащих этажей с учетом собственной массы столбов, принимаемой приблизительно равной 5% от величины действующей на столб нагрузки.**

## Решение

При этом для временной нагрузки на перекрытия учитываем коэффициент сочетания  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ,  $\varphi_4$  по формулам 8.1, 8.2, 8.3 и 8.4 [2, п. 8.2.4, 8.2.5].

## Решение

- $A_{\text{гр}} = 29,12 \text{ м}^2.$

## Решение

По назначению здание административное [1, табл.8.3, поз.2], выбираем для расчета формулу 8.3 [1]:

$$\varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}$$

## Решение

где

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A_{гр}}{A_1}}}$$

## Решение

$\varphi_1$  – определяется в соответствии с п.8.2.4 [1]

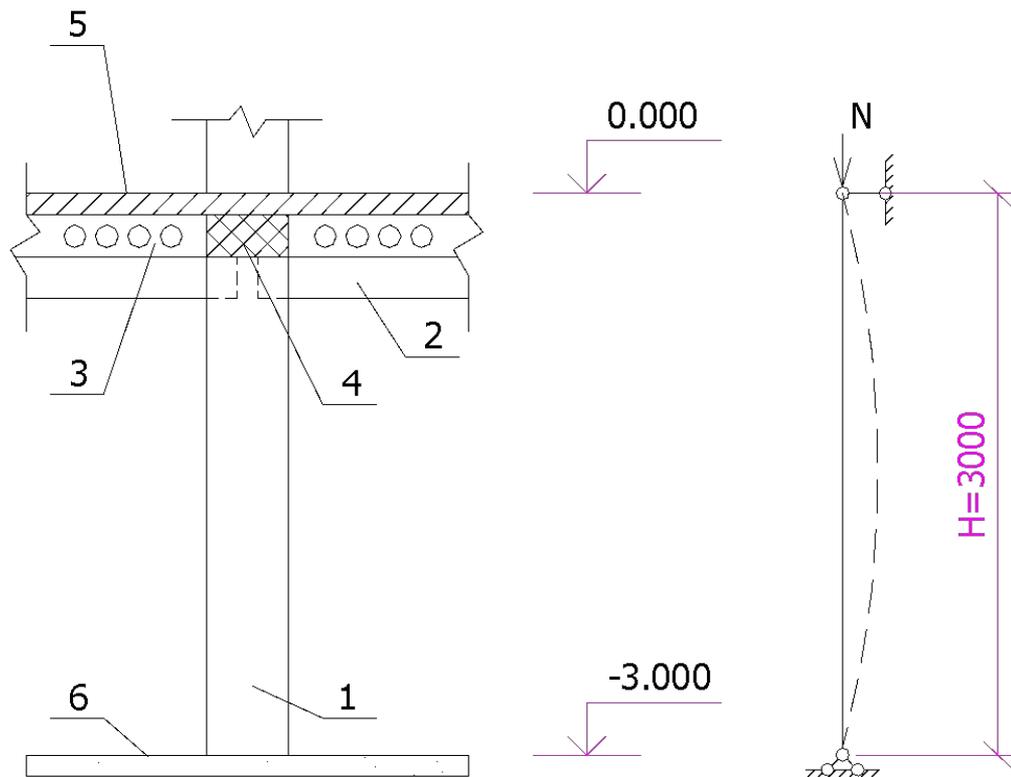
## Решение

где  **$n$**  – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения столба (колонны, стены, фундамента).

## Решение

$$A_{\text{гр}} = 29,12 \text{ м}^2.$$

Принимаем  $A_1 = 9 \text{ м}^2,$



**Рис. 3. Расчетная схема центрально нагруженного каменного столба подвала: 1 – каменный столб; 2 – железобетонный ригель; 3 – плиты перекрытия; 4 – монолитные участки перекрытия; 5 – конструкция пола; 6 – бетонный пол**

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{29,12}{9}}} = 0,734$$

$$\varphi_3 = 0,4 + \frac{0,734 - 0,4}{\sqrt{4}} = 0,567$$

---

**Рассчитаем расчетную  
продольную силу действующую  
на столб:**

$$N = N_{\text{подв}} =$$

---

---

**Рассчитаем расчетную  
продольную силу действующую на  
столб:**

$$N = N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 =$$

**=**

---

---

**Рассчитаем расчетную продольную силу действующую на столб:**

$$\begin{aligned} N &= N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 = \\ &= \{29,12 \cdot [(4,495 + 3,136) + \end{aligned}$$

---

---

**Рассчитаем расчетную продольную силу действующую на столб:**

$$\begin{aligned} N &= N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 = \\ &= \{29,12 \cdot [(4,495 + 3,136) + 4 \cdot (3,406 + \end{aligned}$$

---

---

**Рассчитаем расчетную продольную силу действующую на столб:**

$$\begin{aligned} N &= N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 = \\ &= \{29,12 \cdot [(4,495 + 3,136) + 4 \cdot (3,406 + 0,567 \cdot 2,4)]\} \cdot \end{aligned}$$

---

---

**Рассчитаем расчетную продольную силу действующую на столб:**

$$\begin{aligned} N &= N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 = \\ &= \{29,12 \cdot [(4,495 + 3,136) + 4 \cdot (3,406 + 0,567 \cdot 2,4)]\} \\ &\cdot 1,0 \cdot 1,05 = 816,3 \text{ кН.} \end{aligned}$$

---

---

**Рассчитаем расчетную продольную силу действующую на столб:**

$$\begin{aligned} N &= N_{\text{подв}} = (N_{\text{покр}} + 4 \cdot N_{\text{пер}}) \cdot \gamma_n \cdot 1,05 = \\ &= \{29,12 \cdot [(4,495 + 3,136) + 4 \cdot (3,406 + 0,567 \cdot 2,4)]\} \\ &\cdot 1,0 \cdot 1,05 = 816,3 \text{ кН.} \end{aligned}$$

**Пользуясь методом последовательного приближения, задаемся значениями**

---

---

Пользуясь методом последовательного приближения, задаемся значениями  $\varphi = 1,0$  ( $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 7.2 [2]).

---

---

Пользуясь методом последовательного приближения, задаемся значениями  $\varphi = 1,0$  ( $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 7.2 [2]).

Тогда  $\eta = 0$  ( $\eta$  – коэффициент, принимаемый по табл. 21 [2] в зависимости от гибкости элемента, вида камней и процента продольного армирования),

---

---

**$m_g = 1$**  ( $m_g$  – коэффициент,  
учитывающий влияние длительной  
нагрузки и вычисляемый по формуле  
16 [2])

---

---

**получаем**

$$(\varphi \cdot m_g)_{\text{исх}} = 1 \cdot 1 = 1$$



---

**Определяем требуемую площадь  
поперечного сечения столба из  
условия прочности  
(см. формула 10 [2]):**

---

**Определяем требуемую площадь поперечного сечения столба из условия прочности (см. формула 10 [2]):**

$$A = \frac{N}{m_g \varphi R} = \frac{816320}{1 \cdot 1 \cdot 1,7 (100)} = 4802 \text{ см}^2 = 0,4802 \text{ м}^2$$

■

$$A = \frac{N}{m_g \varphi R} = \frac{816320}{1 \cdot 1 \cdot 1,7 (100)} = 4802 \text{ cm}^2 = 0,4802 \text{ m}^2$$

- 
- Исходя из стандартных размеров кирпича (250×120×65) и толщины шва между ними (10 мм) принимаем в первом приближении поперечное сечение столба равным 77×77 см.
-

---

# Площадь поперечного сечения столба

$$A = 0,77 \cdot 0,77 = 0,593 \text{ м}^2$$

---

---

**По найденным размерам поперечного сечения столба уточняем значения коэффициентов  $\varphi$  и  $m_g$ :**

---

---

$$\lambda_h = \frac{2,7}{0,77} = 3,5$$

---

---

**Здесь  $l_0 = 0,9 \cdot H_{\text{под}} = 0,9 \cdot 3 = 2,7$  см ( $l_0$  –  
расчетная высота элемента,  
определяемая согласно указаниям п.  
7.3 примечание 1 [2])**

---

---

**$\varphi = 1,0$  (см. табл.19 п. 7.2 [2]);**

---

---

$$m_g = 1,$$

**так как размер поперечного сечения столба  $h = 77 \text{ см} > 30 \text{ см}$  (п.7.7 [2]).**

---

---

**Далее находим**

---

---

$$(\varphi \cdot m_g)_{\text{получ}} =$$

---

---

$$(\varphi \cdot m_g)_{\text{получ}} = 1.$$

---

---

**Так как**

$$\frac{(m_g \cdot \varphi)_{\text{исх}} - (m_g \varphi)_{\text{получ}}}{(m_g \varphi)_{\text{исх}}} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 1 - 1 \cdot 1}{1 \cdot 1} \cdot 100\% = 0 < 5\%$$

**полученные в первом приближении  
размеры поперечного сечения  
кирпичного столба (77×77) считаем  
окончательными.**

---

- 
- **Проверяем, согласно требованиям п. 6.16...6.20 [2] ,  
допустимое отношение высоты столба к ее толщине,**
-

- Проверяем, согласно требованиям п. 6.16...6.20 [2] , допустимое отношение высоты столба к ее толщине, при этом размер  $h$  поперечного сечения столба должен быть не менее:

- $$h = \frac{H_{\text{эт}}}{\beta \cdot K_p} = \frac{300}{25 \cdot 0,65} = 18,5 < 51\text{см} \quad \text{– условие выполнено}$$