

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

### ***РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА***

**ЦЕЛЬ:** усвоить порядок расчета ленточного фундамента на прочность, определение ширины подошвы фундамента, расчет и конструирование арматурной сетки по подошве фундамента.

**ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ:** умение пользоваться СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений в пределах изучаемого материала, определять расчетное сопротивление грунта, в зависимости от его физических характеристик, проводить расчет ленточного фундамента на прочность, назначать ширину подошвы фундамента, конструировать арматурную сетку по подошве фундамента.

**НОРМА ВРЕМЕНИ:** 6 часов аудиторных и 2 часа самостоятельной работы.

**ОБОРУДОВАНИЕ НА УРОКЕ:** СНиП 2.02.01-83\* Основания и фундаменты. Справочные материалы (климатические карты). Калькулятор.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.**

#### **1. Назначение глубины заложения фундамента.**

Глубина заложения фундамента  $d_1$  (расстояние от отметки планировки до подошвы фундамента) обычно назначается с учетом:

- геологических и гидрогеологических условий площадки строительства;
- климатических особенностей района строительства (глубины промерзания);
- конструктивных особенностей зданий и сооружений.

#### **Влияние геологических и гидрологических факторов.**

При определении глубины заложения фундамента, стремятся чтобы подошва фундамента передавала нагрузку на относительно прочные грунты, расположенные выше уровня грунтовых вод. Не рекомендуется опирать фундаменты на рыхлые пески, текучие и текучепластичные глинистые грунты, грунты с большим количеством органических веществ (торфы, лессы и т.п.), неуплотненные насыпные грунты и др.

#### **Влияние климатических особенностей.**

Глубина промерзания грунтов учитывается при назначении глубины заложения фундаментов в случае если при сезонном промерзании грунта происходит его пучение. Возможность морозного пучения грунта определяется по таб.2 СНиП 2.02.02-83\*. В случае если возможно пучение грунтов, глубина заложения фундаментов принимается не менее расчетной

глубины промерзания.

Расчетная глубина промерзания грунта определяется по формуле

$$d_f = k_n d_{fn},$$

где  $k_n$  - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимается по таб.1 СНиП 2.02.01-83\* Основания и фундаменты;

$d_{fn}$  - нормативная глубина сезонного промерзания грунта, принимается по климатической карте «Районирование территории РФ по массе снегового покрова».

#### Влияние конструктивных особенностей зданий и сооружений.

На глубину заложения фундаментов влияет наличие и глубина подвалов. Проектируя фундаменты из сборных элементов (фундаментных подушек и блоков) следует учитывать их размеры и положение по отношению к планировочной отметке.

При окончательном назначении глубины заложения фундамента  $d_1$  ее принимают равной максимальному значению из величин, определенных из условий геологии строительной площадки, климатических и конструктивных условий (окончательная глубина заложения фундамента принимается кратной 100мм).

## 2. Определение размеров подошвы фундамента.

Расчет ленточного фундамента ведется по второй группе предельных состояний.

Предварительную площадь подошвы фундамента назначаем по формуле:

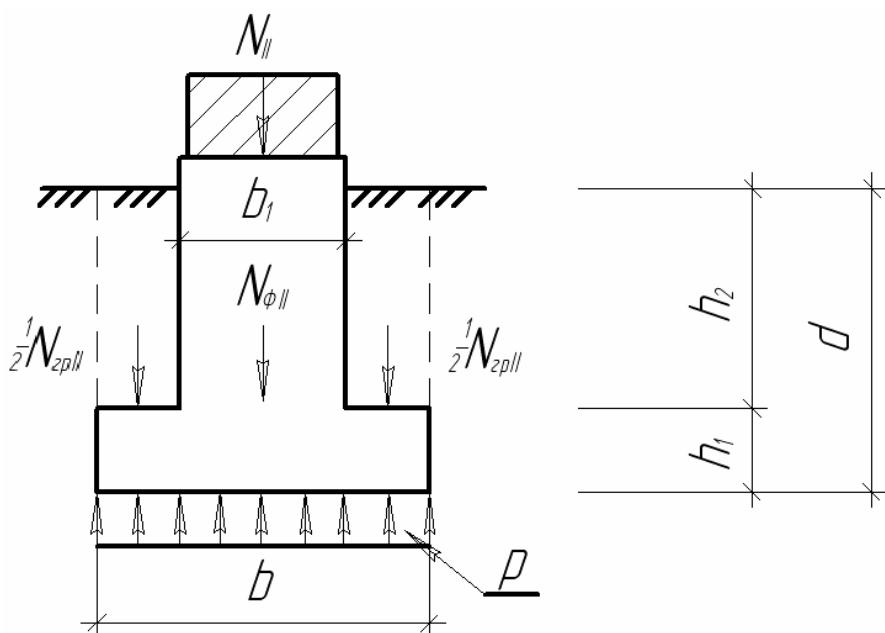
$$A_f = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_{cp} d_1} ,$$

где  $N_{II}$  - нормативная нагрузка от вышележащих конструкций в уровне верха фундамента, кН;

$R_0$  - расчетное сопротивление грунта, принимаемое по таб.1-5 приложения 1 СНиП 2.02.01-83\*, кПа

$\gamma_{cp} = 20 \text{ кН/м}^3$  - средняя плотность грунта и материала фундамента в параллелепипеде с размерами  $d \times b \times 1 \text{ м}$

$d_1$  – глубина заложения фундамента.



$$\text{Ширина подошвы ленточного фундамента } b = \frac{A_f}{l},$$

где  $l$  - длина расчетного участка:

- при расчете под внутреннюю стену  $l=1\text{м}$ ;
- при расчете под наружную стену  $l = \text{расстоянию между осями оконных проемов.}$

По каталогу принимается ширина подушки фундамента  $b$ . Ширина подушки может изменится при дальнейшем расчете.

Определяется расчетное сопротивление грунта основания с учетом принятой глубины заложения и ширины подошвы фундамента по формуле (7) СНиП 2.02.01-83\*:

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

где  $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}$  - коэффициенты условий работы, принимаемые по таб.3 СНиП 2.02.01-83\*;

$k$  - коэффициент, принимаемый равным:  $k=1$ , если прочностные характеристики грунта ( $\varphi, c$ ) определены непосредственными испытаниями, и  $k=1,1$ , если они приняты по таб.1-3 приложения 1 СНиП 2.02.01-83\*;

$M_\gamma, M_q, M_c$  - коэффициенты, принимаемые по таб.4 СНиП 2.02.01-83\*;

$k_z$  - коэффициент, принимаемый равным:

при  $b < 10\text{м}$   $k_z = 1$ ;

при  $b \geq 10\text{м}$   $k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2$  (здесь  $z_0 = 8\text{м}$ );

$b$  – ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma_{II}$  - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии грунтовых вод определяется с учетом взвешивающего свойства воды),  $\text{kH/m}^3$ ;

$\gamma'_{II}$  - то же, залегающих выше подошвы;

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

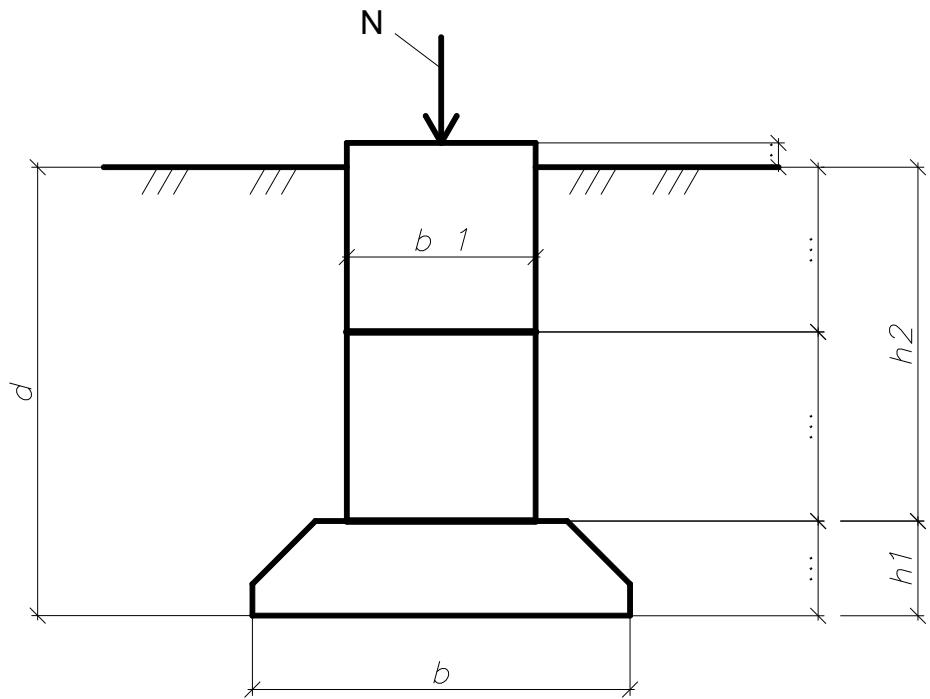
$d_1$  - глубина заложения фундамента, м;

$d_b$  - глубина подвала.

Уточняется ширина подушки ленточного фундамента:

$$A_f = \frac{N_{II}}{R - \gamma_{cp} d_1}, \quad b = \frac{A_f}{l}.$$

Окончательно принимается по каталогу ширина подошвы фундамента. Если ширина подушки фундамента изменилась, уточняется величина расчетного сопротивления грунта  $R$  по формуле (7) СНиП 2.02.01-83\*.



Определяется давление на грунт основания от веса фундамента  $N_{\text{фII}}$  и от веса грунта  $N_{\text{грII}}$ :

$$N_{f_{\text{II}}} = \gamma_b (bh_1 l + b_1 h_2 l)$$

$$N_{\text{грII}} = \gamma_{\text{II}} (b - b_1) h_2 l$$

Определяется среднее давление по подошве фундамента от нормативных нагрузок и делается проверка:

$$P = \frac{N_{\text{II}} + N_{\text{фII}} + N_{\text{грII}}}{A_f} \leq R$$

С целью экономии материала допустимое значение недогрузки, как правило принимается не более 10%.

Если условие не выполнилось, то необходимо увеличить ширину подошвы  $b, d_1$  и повторить расчет.

### 3. Расчет фундамента по прочности.

Расчет прочности ленточных фундаментов заключается в определении арматуры в подушке фундамента и проверке достаточности высоты подушки на действие поперечной силы.

Расчет фундамента по прочности проводится по первой группе предельных состояний по расчетным нагрузкам.

Давление на грунт под подошвой фундамента от расчетных нагрузок

$$P_{\text{ep}} = \frac{N}{A_f}.$$

Поперечная сила, приходящаяся на расчетную длину фундамента

$$Q = P_{sp} l_1 \times l,$$

где  $l$  - длина расчетного участка фундамента;

$l_1$  - длина консольного участка фундамента

$$l_1 = \frac{b - b_1}{2}.$$

Изгибающий момент, действующий по краю фундаментного блока

$$M = Q \frac{l_1}{2}.$$

Требуемая площадь рабочей арматуры подушки

$$A_s = \frac{M}{0,9 R_s h_0}.$$

$$\text{Количество рабочих стержней в сетке } n = \frac{b - 100}{s} + 1,$$

где  $b$  - ширина подошвы фундамента, мм;

$s$  - шаг рабочих стержней, принимается 100 или 200 мм.

По сортаменту подбирается диаметр рабочей арматуры.

Проверка прочности подушки на действие поперечной силы

$$Q \leq \varphi_{b3} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0,$$

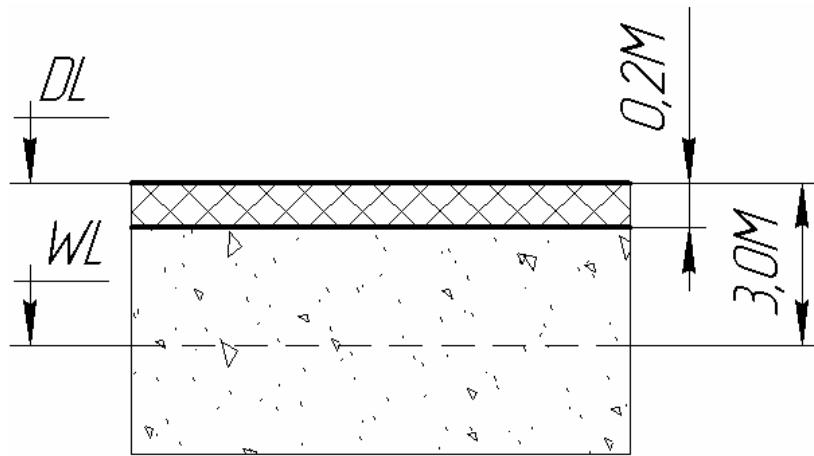
где  $\varphi_{b3}$  - коэффициент, учитывающий вид бетона, для тяжелого бетона принимается равным 0,6;

$\varphi_n$  - коэффициент, учитывающий влияние продольных сил, для элементов без предварительного напряжения принимается равным 0;

$b$  – ширина условно вырезанной полосы, принимается равной 1м.

### Пример 1.

Определить ширину подушки ленточного фундамента под внутреннюю кирпичную стену бесподвального здания. Нормативная нагрузка, приходящаяся на 1 п.м. длины верхнего обреза фундамента  $N_{II} = 280$  кН/м, расчетная нагрузка  $N = 355,16$  кН/м. Геологические условия: 0,2м – растительный слой, далее слой маловлажного мелкого песка (плотность  $\gamma = 18$  кН/м<sup>3</sup>, коэффициент пористости  $e = 0,7$ ). Грунтовые воды расположены на глубине 3,0м от планировочной отметки. Район строительства г.Петрозаводск ( $d_f = 1,33$ м). Температура внутри помещения  $20^0$ ; пол первого этажа расположен по утепленному цокольному перекрытию.



Решение:

1. Определяем глубину заложения фундамента:

а) по геологическим условиям – геологические условия позволяют заглубить фундамент на наименьшую допускаемую нормами величину – 0,5м в несущий слой грунта,  $d \geq 0,2 + 0,5 = 0,7$  ;

б) по климатическим условиям – в соответствии с таб.2 СНиП 2.02.01-83\* пески мелкие, при глубине расположения уровня грунтовых вод в пределах 2м и ниже расчетной глубины промерзания являются пучинистыми, и фундамент необходимо заглублять не менее чем на расчетную глубину промерзания  $d_f$ :

$$d_f = k_n d_{fn} = 1 \times 1,33 = 1,33 \text{ м};$$

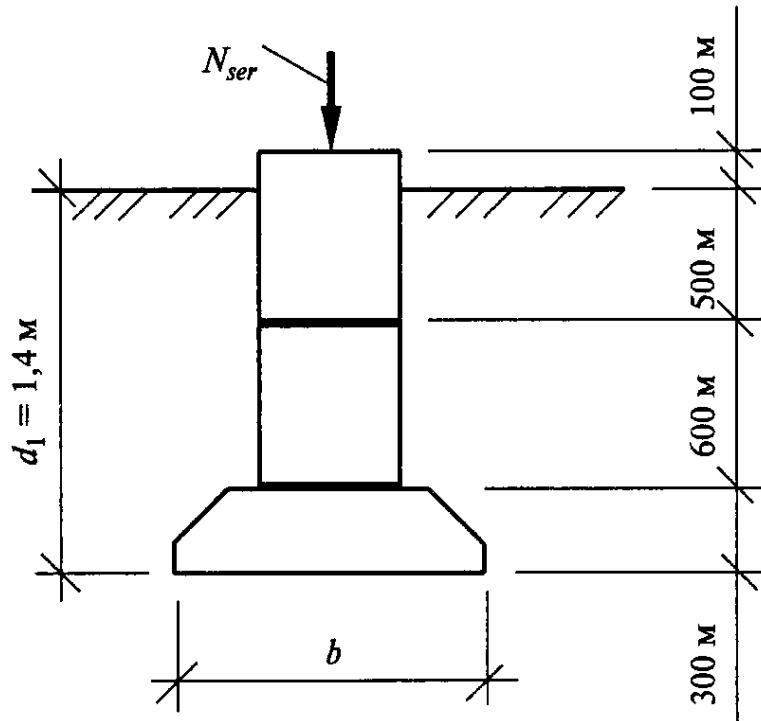
в) с учетом конструктивных требований и стандартных размеров фундаментных блоков и фундаментной подушки, принимаем глубину заложения фундамента  $d_1=1,4\text{м}$ .

2. По таб.1-5 приложения 1 СНиП 2.02.01-83\* определяем расчетное сопротивление грунта  $R_0$ , предназначенное для приближенного определения площади подошвы фундамента. Мелкие пески с коэффициентом пористости  $e = 0,7$  относятся к пескам средней плотности и  $R_0=300 \text{ кПа}$ .

3. Определяем требуемую ширину подошвы фундамента  $b$ :

$$A = \frac{N_u}{R_0 - \gamma_{cp} d_1} = \frac{280}{300 - 20 \times 1,4} = 1,03 \text{ м}, \quad b = \frac{A}{1\text{м}} = \frac{1,03}{1} = 1,03 \text{ м}.$$

Назначаем ширину подушки  $b=1,0\text{м}$  (ширина подушки может измениться при дальнейшем расчете).



4. По таб.3 СНиП 2.02.01-83\* определяем коэффициенты  $\gamma_{c1}=1,3$  и  $\gamma_{c2}=1,1$ .
5. По таб.4 СНиП 2.02.01-83\* определяем коэффициенты  $M_\gamma=1,15$ ,  $M_q=5,59$ ,  $M_c=7,95$ .
6. Принимаем значение коэффициента  $k=1,1$ , так как характеристики грунта ( $c, \varphi$ ) определены по таблице, а не по результатам непосредственного исследования грунта.
7. Коэффициент  $k_z=1,0$ , так как ширина фундамента  $b < 10\text{м}$ .
8. Удельный вес грунта выше и ниже подошвы фундамента одинаковый:  $\gamma'_H = \gamma_H = 18,0 \text{ кН/м}^3$ .
9. Определяем расчетное сопротивление  $R$ ; так как подвал отсутствует, величина  $d_b=0$ :
$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_H + M_q d_1 \gamma'_H + (M_q - 1) d_b \gamma'_H + M_c c_H] =$$

$$\frac{1,3 \times 1,1}{1,1} [1,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 18 + 5,59 \times 1,4 \times 18 + (5,59 - 1) \times 18 \times 0 + 7,95 \times 1,0] = 220,4 \text{ кПа}$$
10. Уточняем ширину подушки ленточного фундамента:
$$A = \frac{N_H}{R_0 - \gamma_{cp} d_1} = \frac{280}{220,4 - 20 \times 1,4} = 1,46 \text{ м}, \quad \text{тогда } b = \frac{A}{1m} = \frac{1,46}{1} = 1,46 \text{ м};$$

принимаем по каталогу ширину подушки  $b=1,4\text{м}$ , и так как ширина подушки изменилась, уточняем величину расчетного сопротивления грунта  $R$ , подставив в формулу измененную ширину подушки:

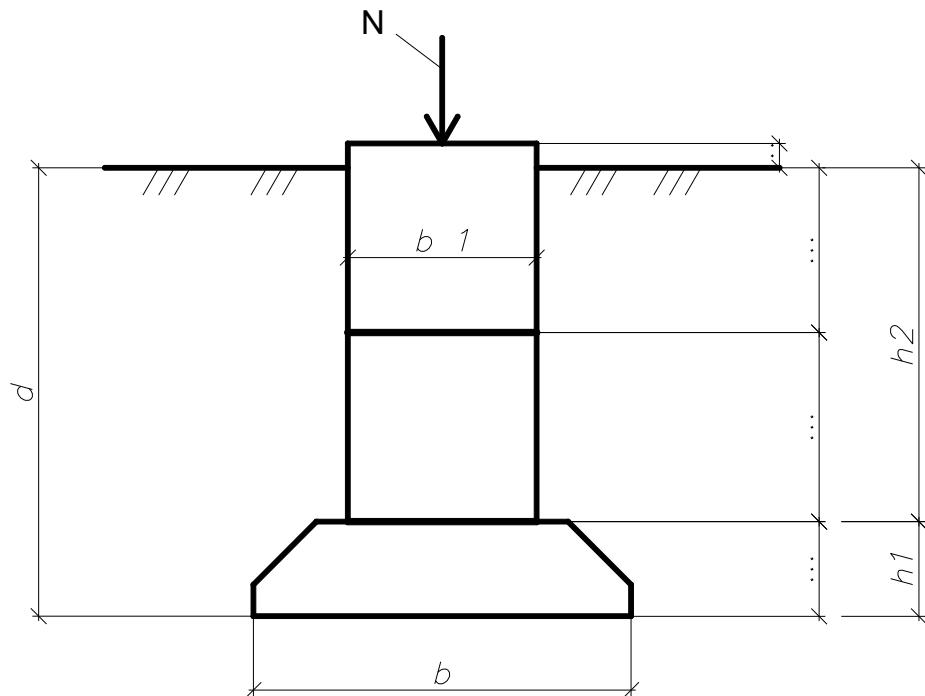
$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_H + M_q d_1 \gamma_H + (M_q - 1) d_b \gamma_H + M_c c_H] =$$

$$\frac{1,3 \times 1,1}{1,1} [1,15 \times 1,0 \times 1,4 \times 18 + 5,59 \times 1,4 \times 18 + (5,59 - 1) \times 18 \times 0 + 7,95 \times 1,0] = 231,1 \text{ кПа}$$

11. Определяем давление на основание грунта от веса фундамента  $N_{f_H}$  и от веса грунта на его обрезах  $N_{ep_H}$ .

$$N_{f_H} = \gamma_b (b h_1 l + b_1 h_2 l) = 25 (1,4 \times 0,3 \times 1,0 + 0,6 \times 1,1 \times 1,0) = 27,0 \text{ кН}$$

$$N_{ep_H} = \gamma_H (b - b_1) h_2 l = 18 (1,4 - 0,6) \times 1,1 \times 1,0 = 15,84 \text{ кН.}$$



12. Проверяем среднее давление по подошве фундамента;

$$P = \frac{N_H + N_{f_H} + N_{ep_H}}{A_f} = \frac{280 + 27,0 + 15,84}{1,4} = 230,6 \text{ кПа} \leq R = 231,1 \text{ кПа}$$

Вывод: среднее давление под подошвой фундамента меньше расчетного сопротивления грунта. Принятая ширина фундаментной подушки  $d=1,4\text{м}$  достаточна.

13. Определяем давление на грунт под подошвой фундамента

$$P_{ep} = \frac{N}{A_f} = \frac{355,16}{1,4 \times 1} = 239,4 \text{ кПа.}$$

14. Поперечная сила, приходящаяся на метр длины фундамента

$$Q = P_{sp} l_1 \times l = 239,4 \times 0,4 \times 1,0 = 95,76 \text{ кН} ,$$

где  $l_1$  - длина консольного участка фундамента

$$l_1 = \frac{b - b_1}{2} = \frac{1,4 - 0,6}{2} = 0,4 \text{ м.}$$

15. Изгибающий момент, действующий по краю фундаментного блока

$$M = Q \frac{l_1}{2} = 95,76 \frac{0,4}{2} = 19,15 \text{ кНм.}$$

16. Требуемая площадь рабочей арматуры подушки

$$A_s = \frac{M}{0,9 R_s h_0} = \frac{19,15}{0,9 \times 365 \times 10^3 \times 0,26} = 0,000224 \text{ м}^2 = 2,24 \text{ см}^2 ,$$

где  $h_0 = h - a = 0,3 - 0,04 = 0,26 \text{ см.}$

Принимаем шаг рабочих стержней в арматурной сетке 200 мм, тогда на 1 м длины фундамента приходится 6 стержней.

По сортаменту принимаем 6Ø10 А-III(А 400),  $A_s = 4,71 \text{ см}^2$ .

17. Проверка прочности подушки на действие поперечной силы

$$Q = 95,76 \text{ кН} \leq \varphi_{b3} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0 = 0,6 (1 + 0) \times 0,75 \times 10^3 \times 1,0 \times 0,26 = 117 \text{ кН} ,$$

условие выполняется, прочность обеспечена.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.**

Определить размеры ленточного фундамента под кирпичную стену и сконструировать сетку по подошве фундамента, используя данные практической работы № 1 «Определение нормативных и расчетных значений нагрузок» и практической работы № 15 «Определение величины напряжения в грунте от собственного веса грунта». Пол первого этажа здания выполнен по грунту; подвал отсутствует; температура внутри здания  $+20^0\text{C}$ . Отношение размеров здания принять  $L/H=4,5\text{м}$ .

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Какие факторы влияют на глубину заложения фундамента?
2. По какой группе предельных состояний определяют ширину подошвы фундамента?
3. От каких нагрузок зависит среднее давление по подошве фундамента?
4. Почему необходимо определять условное расчетное сопротивление грунта  $R_0$ ?
5. Как влияет на глубину заложения фундамента наличие грунтовых вод?
6. Как назначается расчетная длина фундамента под внутреннюю стену?
7. Влияет ли на расчетную длину фундамента наличие оконных проемов?

## **ЛИТЕРАТУРА.**

1. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Т.1. – М.; Стройиздат, 1984г.
2. Берлинов М.В., Ягупов Б.А. Примеры расчета оснований и фундаментов. – М.; Агропромиздат, 1990г.
3. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций. – М.; Стройиздат, 1989г.
4. СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений.