

## Помощь по работе с программой GIPRO – Расчет подпорных стен

В текстовых полях с маркером **MIN** указываются значения, которые непосредственно используются в вычислениях. В случае запуска оптимизации командой «**Подобрать**» будут перебираться все комбинации, начиная от значений с маркером **MIN** до значений с маркером **MAX**. В результате оптимизации программа выберет самый экономичный вариант, т.е. вариант с наименьшим расходом бетона на конструкцию подпорной стены.

Чтобы исключить в подпорной стене зуб, нужно установить флажок ☒ **Авт. подбор зуба** и задать угол «**Альфа, градус**» равным нулю. Если значение больше нуля, то программа автоматически вычислит привязку зуба при заданной пользователем MAX допустимой высоте зуба и его толщине. Для расчета стены с заданным зубом флажок нужно убрать и задать размеры и привязку зуба. **Расчет стены с учетом зуба возможен только по справочнику А.П. Величина и В.Ш. Козлова.**

### Теория расчета

В программе заложена теория расчета подпорной стены согласно требований справочного пособия по проектированию подпорных стен и стен подвалов к СНиП 2.09.03-85

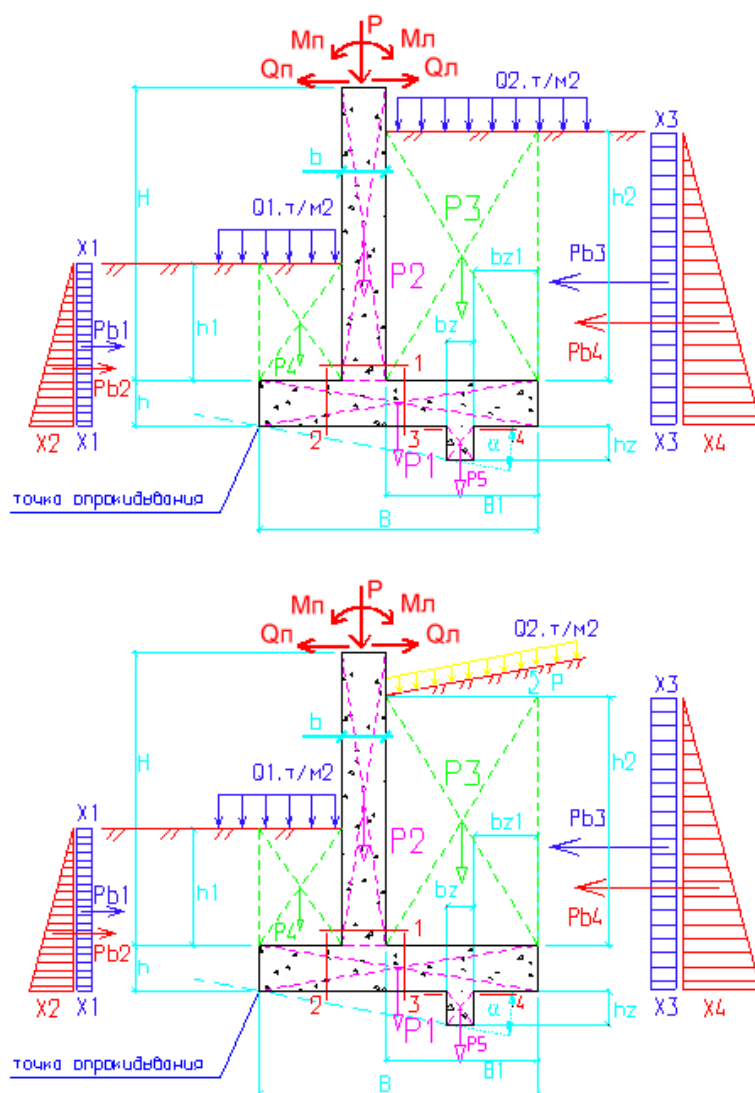


Рис.1 Случай с равномерно распределенной нагрузкой Q2 при сплошной расположенной по всей поверхности. При значении угла  $\rho > 0$  значение Q2 также задается проекцией на горизонтальную поверхность.

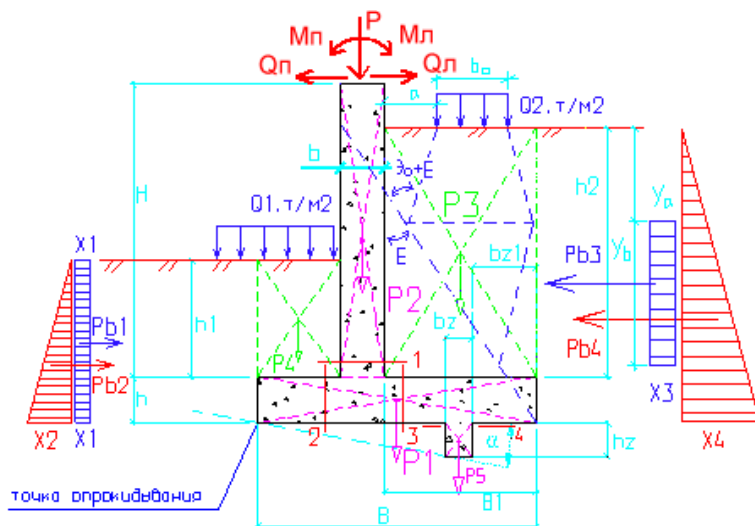


Рис.2 Случай с равномерно распределенной нагрузкой Q2 при фиксированном расположении на поверхности (движение вдоль стены)

### При наличии нагрузок в уровне верха стены (задавать расчетные значения):

- нагрузка  $P_v$  добавляется к силе  $P_2$
- момент  $M_l$  добавляется к  $M_u$  (удерживающий)
- момент  $M_l$  добавляется к  $M_l$  (слева направо)
- момент  $M_p$  добавляется к  $M_o$  (опрокидывающий)
- момент  $M_p$  добавляется к  $M_r$  (справа налево)
- сила  $Q_l$  добавляется с плечом  $(H+h)$  к  $M_u$  (удерживающий)
- сила  $Q_l$  добавляется с плечом  $(H+h)$  к  $M_l$  (слева направо)
- сила  $Q_p$  добавляется с плечом  $(H+h)$  к  $M_o$  (опрокидывающий)
- сила  $Q_p$  добавляется с плечом  $(H+h)$  к  $M_r$  (справа налево)
- сила  $Q_p$  добавляется к сдвигающей силе  $(P_{b3}+P_{b4}, F_{sa})$
- сила  $Q_l$  добавляется к удерживающей силе  $(P_{b1}+P_{b2}, F_{sr})$

Теория (на 1.м.п. стены)

Сбор нагрузок:

$$P_1 = B * h * 2.0 \text{ т/м}^3$$

$$P_2 = b * H * 2.0 \text{ т/м}^3$$

$$P_3 = B_1 * h_2 * Y'$$

$$P_4 = (B-B_1-b) * h_1 * Y'$$

(значение объемного веса железобетона 2.0т/м<sup>3</sup> можно корректировать в меню ДОПОЛНИТЕЛЬНО)

Вертикальная от Q1:  $P_{q1} = Q_1 * (B-B_1-b)$

Вертикальная от Q2:

$P_{q2}=B_1 * Q_2$  (для рис.1)

$Pq2=B1 * Qy1$  (для рис.2), где  
 $Qy1=Qy/(1 + tg(\Theta_0) * (h2- a/tg(\Theta_0) ) / b2)$ , где  
 $Qy = Q2 / (1 + 2 * a / b0)$   
 $b2= b0+2 * a$

$Qy$  – значение распределенной нагрузки на глубине  $a/ tg(\Theta_0)$

$Qy1$  – значение распределенной нагрузки на глубине  $h2$

$b2$  – ширина приложения нагрузки  $Qy$  на глубине  $a/ tg(\Theta_0)$

$b3=b2+tg(\Theta_0) * (h2- a/tg(\Theta_0))$

$b3$  – ширина приложения нагрузки  $Qy1$  на глубине  $h2$

при  $b3>B1$  принимаем  $b3=B1$

Расстояние от стены до начала участка приложения нагрузки  $Qy1$ :  $b4= 0$

При  $a/tg(\Theta_0)>h2$  значение  $Qy1 = Q2 / (1 + 2 *tg(\Theta_0)*h2 / b0)$

При  $a/tg(\Theta_0)>h2$  значение  $b3=B1-(a- tg(\Theta_0)*h2)$ ,

при  $B1>a+2 *tg(\Theta_0)*h2 + b0$  принимаем  $b3 = 2 *tg(\Theta_0)*h2 + b0$

При  $a/tg(\Theta_0)>h2$  расстояние от стены до начала участка приложения нагрузки  $Qy1$ :  $b4= a- tg(\Theta_0)*h2$

$Pq2= b3 * Qy1$

При значении  $Ya > h2+h$  принимаем  $Pq2=0$

Полная вертикальная нагрузка :

$P = P1+P2+P3+P4+Pq1+Pq2$  (для расчета по справочнику А.П. Величина и В.Ш. Козлова)

Для расчета по справочному пособию полная вертикальная нагрузка вычисляется по формуле 21 :

$$F_v = F_{sd}tg(\Theta + \varphi) + \gamma_f \gamma_f [h(b-t)/2 + td] + \eta tg \varphi b^2 / 2, \quad (21)$$

Боковые нагрузки :

$X1 = Q1 * V$

$Pb1 = (h+h1) * X1$

$X2 = (h+h1) * Y' * 1.15 * V$

$Pb2 = (h+h1) * X2/2$

$X3 = Q2 * V$  (для рис.1)

$X3 = Q2 / (1 + 2 * tg(\Theta_0) * Ya / b0) * V$  (для рис.2)

$Pb3 = X3 * (h+h2)$  (для рис.1)

$Pb3 = X3 * Yb$  (для рис.2)

$V$  – коэффициент бокового давления грунта, вычисляемый по формулам 4 и 98

При удельном сцеплении засыпки  $C>0$  из значения  $X4$

вычитается произведение  $C*(K1+K2)$ , при этом  $K2$  принимается равным нулю при заданной гладкой стене.

$K1$  и  $K2$  вычисляются по формулам 2 и 3.

$X4 = (h+h2) * Y' * 1.15 * V$

$Pb4 = (h+h2) * X4/2$

Момент слева направо и справа налево вычисляем относительно оси подошвы плитной части

$Xc = Xc.t. = B/2$

Момент от бокового давления грунта и полезной :

$Ml = (h+h1)/3 * Pb2 + (h+h1)/2 * Pb1$

Плюс момент от вертикальной от грунта и полезной:

$M_l = M_l + (X_c - B_1/2) * (P_3 + P_{q2})$  (для рис.1)  
 $M_l = M_l + (X_c - B_1/2) * P_3 + (X_c + b_3/2 - B_1 + b_4) * P_{q2}$  (для рис.2)  
 Значение  $b_3$  и  $b_4$  смотри вычисление  $P_{q2}$

Плюс момент от  $P_2$ :

$X_p = X_c - B_1 - b/2$   
 Если  $X_p > 0$ , то  $M_l = M_l + X_p * P_2$   
 Если  $X_p < 0$ , то  $M_r = |X_p| * P_2$

$M_r = M_r + (h + h_2)/3 * P_{b4} + (h + h_2)/2 * P_{b3}$  (для рис.1)  
 $M_r = M_r + (h + h_2)/3 * P_{b4} + (h + h_2 - Y_a - Y_b/2) * P_{b3}$  (для рис.2)

Плюс момент от вертикальной от грунта и полезной:  
 $M_r = M_r + [X_c - (B - B_1 - b)/2] * (P_4 + P_{q1})$

Напряжение под подошвой вычисляется согласно требований справочного пособия :

$$p_{\max}^{\min} = F_v (1 \pm 6e/b) / b; \quad (36)$$

$$p_{\max} = 2F_v / 3c_0, \quad (37)$$

где  $F_v$  - сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость, определяемая по формулам (20) и (21);  
 $e$  - эксцентриситет приложения равнодействующей всех сил относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы стены, определяемый по формуле (30);  $3c_0$  - длина эпюры по подошве фундамента:

$$c_0 = 0,5b - e. \quad (38)$$

#### Проверка на сдвиг влево (по заданному коэффициенту трения):

Сдвигающая сила ( $F_{sa}$ ):

$$F_{sa} = (P_{b3} + P_{b4} + Q_{п}) * \cos(a) - P * \sin(a)$$

Удерживающая сила ( $F_{sr}$ ):

$$(P * \cos(a) + (P_{b3} + P_{b4} + Q_{п} - Q_{л} - P_{b2}) * \sin(a)) * \text{коэф. трения} + P_{b2} * \cos(a) + Q_{л} * \cos(a)$$

$$F_{sr}/F_{sa} \geq 1.25 \text{ (при } a=0 \text{ градусов)}$$

$$F_{sr}/F_{sa} \geq 1.25 \text{ (при } a>0 \text{ градусов, наличие зуба)}$$

**Проверка на сдвиг по пособию к СНиП производится согласно требований пунктов 6.4...6.8**

Удерживающий момент (с полезной справа):

$$M_y = P_4 * (B - B_1 - b)/2 + P_2 * (B - B_1 - b/2) + P_1 * B/2 + (P_3 + P_{q2}) * (B - B_1/2) \text{ (для рис.1)}$$

$M_y = P_4 \cdot (B - B_1 - b) / 2 + P_2 \cdot (B - B_1 - b) / 2 + P_1 \cdot B / 2 +$   
 $+ (P_3) \cdot (B - B_1 / 2) + P_{q2} \cdot (B + b_3 / 2 - B_1 + b_4)$  (для рис.2)  
 Значение  $b_3$  и  $b_4$  смотри вычисление  $P_{q2}$

Опрокидывающий момент (с полезной справа):

$M_o = (h + h_2) / 3 \cdot P_{b4} + (h + h_2) / 2 \cdot P_{b3}$  (для рис.1)  
 $M_o = (h + h_2) / 3 \cdot P_{b4} + (h + h_2 - Y_a - Y_b / 2) \cdot P_{b3}$  (для рис.2)

Проверка на опрокидывание :  $M_y / M_o \geq 1.5$

Удерживающий момент (без полезной справа):

$M_y = P_4 \cdot (B - B_1 - b) / 2 + P_2 \cdot (B - B_1 - b) / 2 + P_1 \cdot B / 2 + P_3 \cdot (B - B_1 / 2)$

Опрокидывающий момент (без полезной справа):

$M_o = (h + h_2) / 3 \cdot P_{b4}$

Проверка на опрокидывание :  $M_y / M_o \geq 1.5$

Момент и сила в сечении 1-1 от грунта и полезной слева :

$M = [3 \cdot X_1 + X_2 \cdot h_1 / (h_1 + h)] \cdot h_1 \cdot h_1 / 6$

$Q = [2 \cdot X_1 + X_2 \cdot h_1 / (h_1 + h)] \cdot h_1 / 2$

Момент и сила в сечении 1-1 от грунта и полезной справа :

$M = X_3 \cdot h_2 \cdot h_2 / 2 + (X_4 \cdot h_2 / (h_2 + h)) \cdot h_2 \cdot h_2 / 6$  (для рис.1)

$M = X_3 \cdot Y_c \cdot (h_2 - Y_a - Y_c / 2) + (X_4 \cdot h_2 / (h_2 + h)) \cdot h_2 \cdot h_2 / 6$  (для рис.2),

$Q = X_3 \cdot h_2 + (X_4 \cdot h_2 / (h_2 + h)) \cdot h_2 / 2$  (для рис.1)

$Q = X_3 \cdot Y_c + (X_4 \cdot h_2 / (h_2 + h)) \cdot h_2 / 2$  (для рис.2),

Где  $Y_c = Y_b$  (при  $Y_a + Y_b \leq h_2$ ) или  $Y_c = h_2 - Y_a$  (при  $Y_a + Y_b > h_2$ )  
 (значения  $Y_a$  и  $Y_b$  вычисляются по формулам, приведенным в пункте 5.10)

Момент и сила в сечении 2-2 от грунта и полезной сверху:

$M = [(P_4 + P_{q1}) \cdot (B - B_1 - b)] / 2$

$Q = P_4 + P_{q1}$

Момент и сила в сечении 3-3 от грунта и полезной сверху вычисляются по формулам 45-52 справочного пособия

Момент и сила в сечении 4-4 от сдвигающего усилия:

$M = (P_{b3} + P_{b4}) \cdot h_z / 2$

$Q = P_{b3} + P_{b4}$

**Р.С. Теория расчета стены на сдвиг с учетом зуба взята из книги «Справочник проектировщика инженерных сооружений» под редакцией А.П. Величкина и В.Ш. Козлова**

Согласно требований СП 22.13330.2011 программа позволяет при наличии в пределах сжимаемой толщи основания на глубине  $z$  от подошвы подпорной стены слоя грунта меньшей прочности, чем прочность грунта вышележащих слоев выполнить проверку:

$$\sigma_z = (\sigma_{zp} - \sigma_{zg}) + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (5.9)$$

Для этого в таблице слоев необходимо задать данные по грунтам с указанием R слоев. В случае однородного основания задайте один слой при этом достаточно указать только его R, YI, FI, CI. Значения YI, FI и CI задаются только в первой строке таблицы, в последующих строках они не указываются.

### **Коэффициенты армирования :**

**Сдвиг** – проверка на сдвиг стены.

**Отрыв** – проверка отрыва подошвы стены.

**Nu** – проверка основания по 1 группе ПС (несущая способность).

**Опрокидывание** – проверка на опрокидывание.

**Gmax'** – проверка основания по 2 группе ПС ( $G_{max}' \leq 1.2 \cdot R_{гр}$ ).

**Gcp'** – проверка основания по 2 группе ПС ( $G_{cp}' \leq R_{гр}$ ).

**Q стенка** – проверка на необходимость установки поперечной арматуры по расчету в вертикальной части стены.

**Q плита** – проверка на необходимость установки поперечной арматуры по расчету в плитной части стены.

**Q зуб** – проверка на необходимость установки поперечной арматуры по расчету в зубе стены.

**N** – внецентренное сжатие от  $R_v$ .

**Mb** – восприятие момента бетонным сечением без учета продольной арматуры.

**Ma** – восприятие момента бетонным сечением с учетом продольной арматуры.

**Acrc** – раскрытие трещин.

При  $R_v < 0$  (растяжение) коэффициент  $Ma$  и  $Mb$  вычисляется также с учетом работы сечения на растяжение (внецентренное растяжение).

### **Чтение результатов армирования :**

При расчете армирования программа выдает варианты армирования для каждого диаметра арматуры. Если вы задали фиксированный шаг арматуры, например 200 мм :

d	S1	IIIar	S2	IIIar
6	нет			
7	расч			
8	отно			
9	го			
10	усил	0		200
12	ия	5	%	
14		5		200
16		5		200
18		5		200
20		5		200
22		5		200
25		5		200
28		5		200
32		5		200
36		5		200
40		5		200

Из таблицы видно, при заданной нагрузке и заданном шаге 200 мм рабочая арматура сетки S2 диаметром 10мм не проходит, 12мм проходит по расчету, но не проходит по проценту армирования, начиная с 14мм проходит любая арматура до 40мм. Если вы зададите шаг арматуры 0мм (т.е. программа выдает МАХ допустимый шаг для каждого диаметра арматуры), то получите следующий результат:

d	S1	Шаг	S2	Шаг
6	нат			
7	расч			
8	отно			
9	го			
10	усил		6	%
12	ия		4	%
14			4	300
16			4	300
18			4	300
20			4	300
22			4	300
25			4	300
28			4	300
32			4	300
36			4	300
40			4	300

Из таблицы видно, что при заданной нагрузке и заданном шаге 0мм рабочая арматура сетки S2 диаметром 10мм может быть установлена в количестве 6шт, 12мм в количестве 4шт, но этого не достаточно по заданному MIN проценту армирования. Начиная с 14мм шаг не более 300мм. Шаг подбирается с учетом конструктивных требований и заданного процента армирования. Из двух таблиц видно, что экономически выгодно ставить арматуру с шагом 300мм диаметром 14мм.