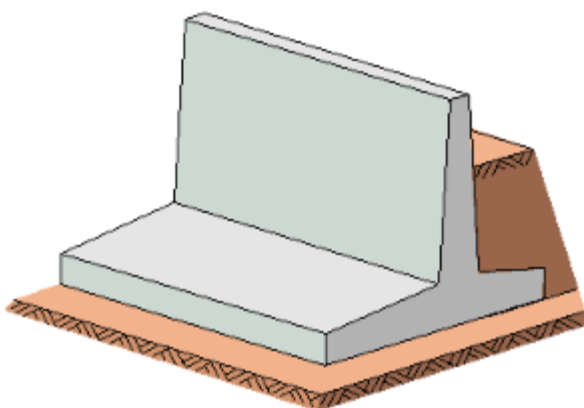


## t544 – Подпорная стенка на сваях



Программа рассчитывает и проектирует железобетонную подпорную стенку, установленную на свайном ростверке для слоистого грунта, наклонной местности за подпорной стенкой и произвольного уровня грунтовых вод.

В качестве нагрузки допускается ввод равномерно распределенных на отрезке нагрузок на поверхность, и нагрузок, приложенных к верху стенки (вертикальная, горизонтальная и момент).

При проектировании свайного фундамента стенки, согласно СП 24.13330.2011 предусмотрены следующие расчеты:

- проверка прочности грунта основания свай,
- проверка допустимости давления на грунт боковыми поверхностями свай,
- проверка прочности материала свай,
- расчет по образованию и раскрытию трещин в свае,
- расчет осадки свайной ленты,
- расчет ростверка как многопролетной балки,
- проверка прочности и трещиностойкости ростверка.

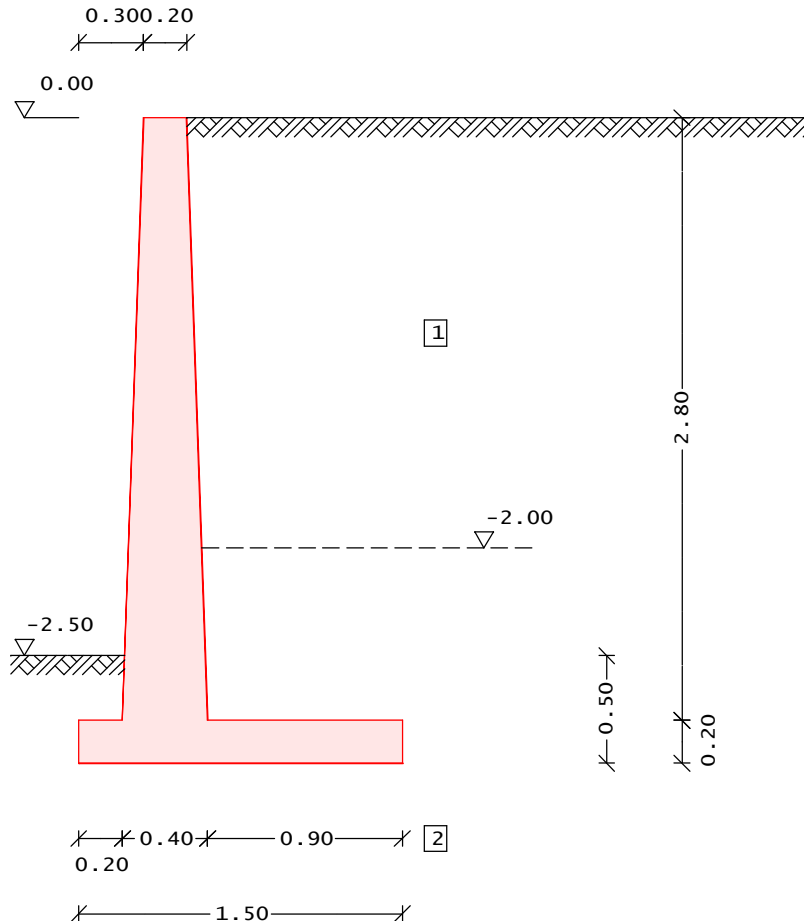
Для висячих свай подбирается размер сечения сваи и ее длина, для свай-стоек - размер сечения и глубина заделки сваи в скальный грунт.

Расчет требуемой арматуры осуществляется согласно СП 63.13330.2018.

**Расчётная схема**

М = 1 : 35

Размеры стенки



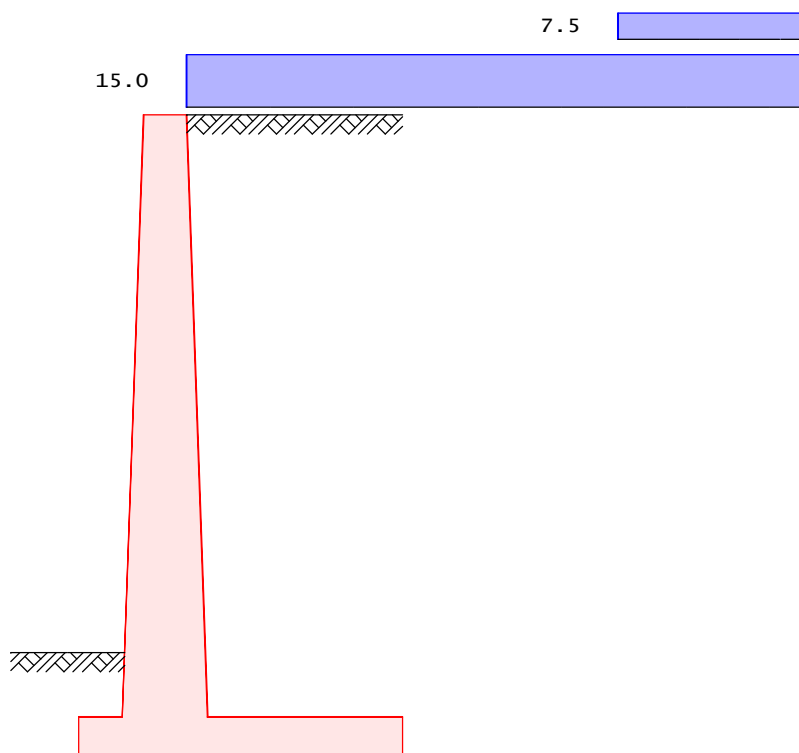
Высота стенки	$h_s$	=	3.00	м	
Длина передней консоли	$l_v$	=	0.20	м	
Длина задней консоли	$l_r$	=	0.90	м	
Толщина ростверка	$h_r$	=	0.20	м	
Толщина стенки вверху	$d_o$	=	0.20	м	
Толщина стенки внизу	$d_u$	=	0.40	м	
Наклон передней грани	$\alpha'$	=	2.00	°	
Наклон задней грани	$\alpha$	=	2.00	°	
Удельный вес стенки	$\gamma$	=	25.0	кН/м <sup>3</sup>	
Поверхность слева:	глубина заложения стенки	$h_0$	=	0.50	м
справа:	горизонтальная				

 Расчетные значения  
характерист. слоев

слой №	толщ. [м]	уд.вес [кН/м <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]	c [кПа]
1	2.00	19.80	34.55	23.03	-23.03	1.33
2	2.00	18.70	15.65	10.43	-10.43	12.67

### Нагружение

М = 1 : 35



Вид нагрузки	место прилож.	a [м]	s [м]	p [кПа]	P [кН/м]
равномерн.	на пов.			15.00	
блоковая	на пов.	2.00	6.00	7.50	

### Давление грунта

Активное давление грунта для расчета устойчивости без учета сопротивления грунта с лицевой стороны.  
 Наклон 1-й поверхн. сдвига  $\theta'$  = 71.57 °  
 Наклон 2-й поверхн. сдвига  $\theta$  = 58.14 °

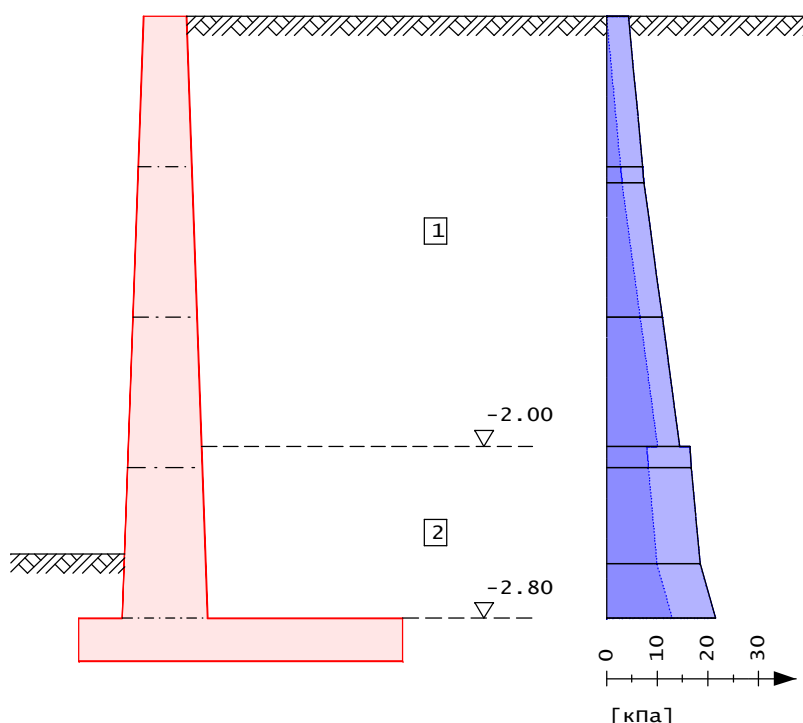
Давление грунта на 1-ю поверхность

Граница слоя	Отметка [м]	$e_{agh}$ [кПа]	$e_{aph}$ [кПа]	$p_h$ [кПа]	$e_{phr}$ [кПа]
1 верхн. *	-0.00	0.00	3.96	0.00	
* нижн.	-0.62	2.45	3.98	0.00	
	-2.00	9.69	4.01	0.00	
2 верхн.	-2.00	9.21	8.85	0.00	
нижн.	-3.00	19.35	10.63	0.00	
* = Минимальное давление		$\lambda_{agh}$	=	0.20	

Граница слоя	Отметка [м]	$E_{agh}$ [кН/м]	$E_{aph}$ [кН/м]	$F_{wh}$ [кН/м]	$E_{ah}$ [кН/м]
1 нижн.	-2.00	9.14	7.97	0.00	17.11
2 нижн.	-3.00	23.42	17.71	0.00	41.14

Собственный вес стенки	$G$	=	28.34	кН/м
Вес грунта справа от стенки	$G_{br}$	=	22.53	кН/м
Вес грунта слева от стенки	$G_{bl}$	=	1.16	кН/м
Верт. составл. акт. давления	$E_{av}$	=	38.95	кН/м
-----				
Сумма вертикальных сил	$V$	=	90.99	кН/м
Гориз. состав. акт. давления	$E_{ah}$	=	41.14	кН/м
-----				
Сумма горизонтальных сил	$H$	=	41.14	кН/м
Сумма моментов	$M$	=	-33.52	кНм/м

**Расчет прочности**
 $M = 1 : 35$ 

 стенки  
 Давление грунта на стенку


Давление на стенку

Граница слоя	отметка [м]	$e_{agr}$ [кПа]	$e_{arh}$ [кПа]	$p_h$ [кПа]	$e_{ah}$ [кПа]
1a верх *	-0.00	0.00	4.33	0.00	4.33
1a низ *	-0.70	2.77	4.35	0.00	7.12
1b верх *	-0.70	2.77	4.34	0.00	7.12
1b низ *	-0.78	3.07	4.34	0.00	7.42
1c верх	-1.40	6.65	4.34	0.00	11.00
1c низ	-2.00	10.09	4.34	0.00	14.44
2a верх *	-2.00	7.92	8.52	0.00	16.44
2a низ *	-2.10	8.29	8.47	0.00	16.77
2b верх *	-2.10	8.29	8.45	0.00	16.74
2b низ *	-2.55	9.97	8.52	0.00	18.48
2b низ	-2.80	13.00	8.55	0.00	21.56

Усилия в сечении

Сечение [м]	объект	M [кНм/м]	Q [кН/м]	N [кН/м]
-0.70	стенка	1.27	4.01	4.07
-1.40	стенка	6.08	10.30	9.07
-2.10	стенка	16.26	19.59	15.03
-2.80	стенка	34.22	32.53	21.98
0.60	плита	-20.25		-20.57

Расчет арматуры

в плоскости чертежа по СП 63.13330.2018

 Расстояние до оси арматуры  $a_c = 4.0$  см

 Бетон В 25 (тяжелый)  $\gamma_b = 0.900$ 

Арматура: продольн./попер. А400/А240

## Продольная арматура

Сечение [м]		M [кНм/м]	N [кН/м]	h0 [см]	As [см <sup>2</sup> /м]	As' [см <sup>2</sup> /м]
-0.70	с	1.27	4.07	24.9	0.11	0.00
-1.40	с	6.08	9.07	29.8	0.53	0.00
-2.10	с	16.26	15.03	34.7	1.29	0.00
-2.80	с	34.22	21.98	39.6	2.45	0.00

Максимальная арматура стенки:

справа d=12мм с шагом 330мм

слева d=12мм с шагом 1000мм

Арматура плиты

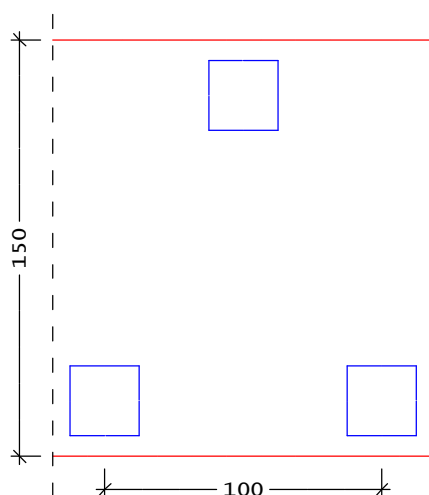
сверху d=12мм с шагом 250мм

## Поперечная арматура

Сечение [м]	Q [кН/м]	N [кН/м]	Qb [кН/м]	c [см]	Asw/sw [см <sup>2</sup> /м]
-0.70	0.36	4.25	99.62	63.33	0.00
-1.40	3.57	9.29	122.72	78.10	0.00
-2.10	8.15	15.29	145.82	92.89	0.00
-2.80	14.42	22.28	168.92	107.71	0.00

Фундамент

Свайная лента


 Ширина ростверка  $b = 150$  см  
 Толщина ростверка  $h_r = 20$  см

Шахматное размещение свай

 Шаг свай в ряду  $s = 100$  см

Расстояние от грани ростверка до осей свай  
 $a = 20.0$  см

Вид свай забивные сваи

Свая погружается молотом

Ширина сечения сваи  $d = 25$  см

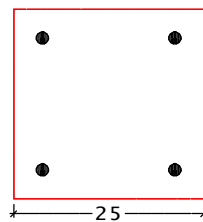
Длина сваи  $l = 4.00$  м

Арматура в свае

Число стержней  $n_s = 4$  -

Диаметр стержней  $d_s = 16$  мм

Защитный слой бетона  $a_s = 30$  мм



Стержни: 4 $\Phi$ 16  
 Защитный слой:  
 $a_s = 30$  мм

Удельный вес  
 грунта

от z [м]	до z [м]	W [%]	e [-]	S <sub>r</sub> [-]	$\gamma_s$ [кН/м <sup>3</sup> ]	$\gamma$ [кН/м <sup>3</sup> ]
0.00	1.00	17.0	0.72	0.59	25.0	17.0
1.00		22.0	0.65	0.92	27.0	20.0

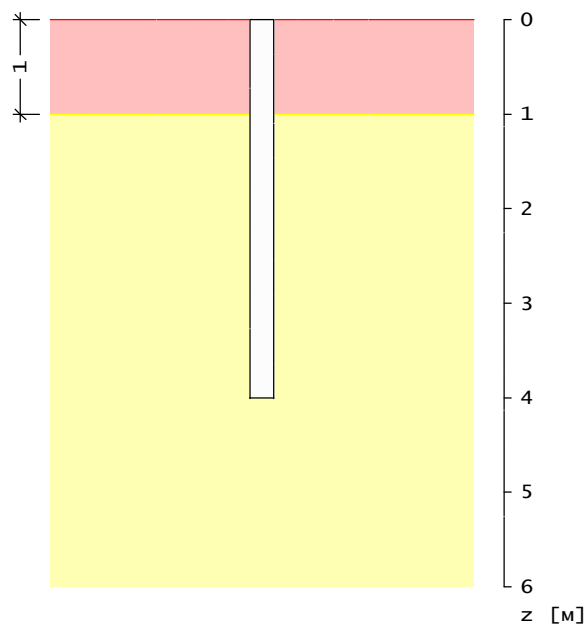
Консистенция  
 глинистого грунта

от z [м]	до z [м]	W <sub>p</sub> [%]	W <sub>L</sub> [%]	I <sub>p</sub> [%]	I <sub>L</sub> [-]
0.00	1.00	5.0	28.0	23.0	0.52

Характеристики грунта

от z [м]	до z [м]	C <sub>II</sub> [кПа]	$\phi_{II}$ [град]	$\gamma_{II}$ [кН/м <sup>3</sup> ]	C <sub>I</sub> [кПа]	$\phi_I$ [град]	$\gamma_I$ [кН/м <sup>3</sup> ]
0.00	1.00	19.0	18.0	17.0	12.7	15.7	15.5
1.00		2.0	32.0	20.0	1.3	29.1	18.2

## Схема геологического разреза


 Нагрузка  
на уровне подошвы

N	H	M
[кН/м]	[кН/м]	[кНм/м]
90.99	41.14	-33.52

Вес сваи	$G_c$	=	6.25	кН
Коэффициент надежности	$\gamma_f$	=	1.10	-

Нагрузка на сваю

$N_{max}$	=	75.97	кН
$N_{min}$	=	15.02	кН
H	=	20.57	кН

Коэффициент нормативной нагрузки	=	0.70	-
----------------------------------	---	------	---

**Расчет**

Согласно СП 24.13330.2011, СП 63.13330.2018, СП 20.13330.2016

Материал ростверка

Бетон	$B 25$ (тяжелый)
Коэффициент условий работы	$\gamma_b = 0.900$
Арматура	A400

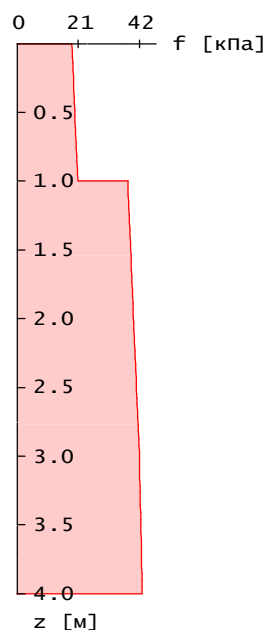
Материал сваи

Бетон	$B 25$ (тяжелый)
Коэффициент условий работы	$\gamma_b = 0.900$
Арматура	A400

**Проверка прочности**
**грунта основания сваи при сжимающей нагрузке**

Соппротивление грунта под концом сваи	R	=	2.40	МПа
при глубине заложения	h	=	7.00	м
Коэффициент условий работы	$\gamma_{R,R}$	=	1.00	-

Соппротивление грунта на боковой поверхности сваи f



Соппротивление на боковой поверхности

$z_1$ [м]	$z_2$ [м]	$\gamma_{R, f}$ [-]	$f_1$ [кПа]	$f_2$ [кПа]
0.00	1.00	1.00	18.8	20.8
1.00	4.00	1.00	38.0	43.0

Коэффициент условий работы сваи при сжатии

$$\gamma_c = 1.00 \quad -$$

Несущая способность сваи

$$F_d = F_{dR} + F_{df} = 150.0 + 142.3 = 292.3 \quad \text{кН}$$

Условие прочности

$$N_0 \gamma_n \gamma_c \gamma_g / F_d =$$

$$82.8 * 1.00 * 1.40 / 292.3 = 0.397 \leq 1$$

#### Проверка допустимости давления на грунт боковой поверхностью сваи

Коэффициент постели

от z [м]	до z [м]	K [кН/м <sup>4</sup> ]	$c_z$ [кН/м <sup>3</sup> ]
0.00	1.00	3868	0 - 3868
1.00	4.00	5373	5373 - 21493

Примечание

Коэффициент постели  $c_z = Kz$

$$\text{Условная ширина сваи } b_p = 1.5d + 50 = 87.5 \quad \text{см}$$

$$\text{Модуль упругости } E = 30.00 \quad \text{ГПа}$$

$$\text{Жесткость сваи } EI = 9.77 \quad \text{МНм}^2$$

$$\text{Коэффициент деформации } \alpha_\varepsilon = 0.829 \quad \text{1/м}$$

$$\text{при } K = 4373 \quad \text{кН/м}^4$$

$$1\alpha_\varepsilon = 3.32 \quad -$$

Примечание

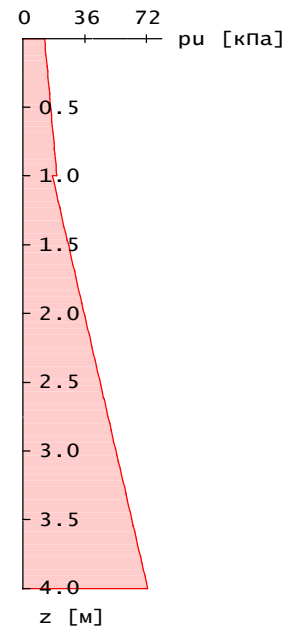
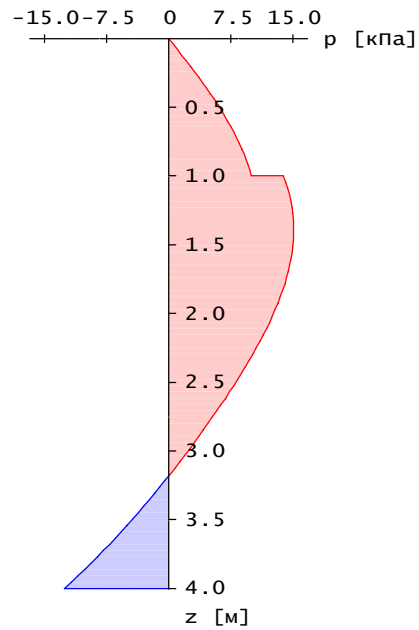
Значение K определено по (Д.5) СП 50-102-2003 при

$$l_k = 2.38 \quad \text{м}$$



Давление  $p$

Предельное давление  $p_u$



Коэффициенты в условии допустимости давления (В.7)  
 $\eta_1 = 1.0$        $\eta_2 = 0.400$        $\xi = 0.6$

$\eta_2$  определяется по формуле (В.8) приложения В при  
 $n = 2.50$  -

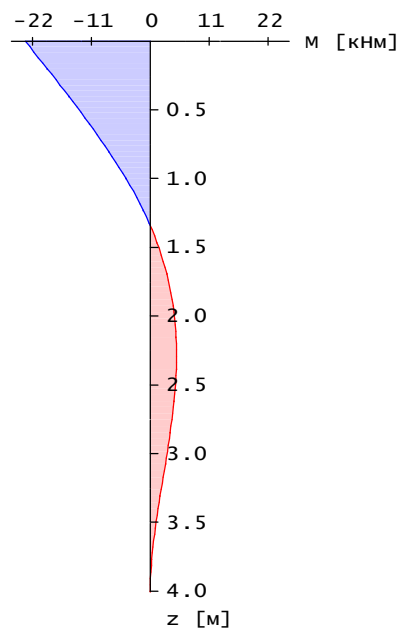
Условие допустимости

$$p / p_u = 14.0 / 17.7 = 0.794 \leq 1$$

при  $z = 0.85 / \alpha_\varepsilon = 1.03$  м

### Проверка прочности материала сваи

Изгибающий момент



Сжимающая сила  $N_0 / N_{0u} = 15.0 / 18.3 = 0.822 \leq 1$   
 Изгибающий момент  $M / M_u = 23.3 / 28.3 = 0.822 \leq 1$

**Определение длины анкеровки арматуры в верхнем сечении сваи**

Требуемая площадь арматуры  $A_s = 6.48 \text{ см}^2$   
 Длина анкеровки  $l_{an} = 477 \text{ мм}$

Примечание Значение  $l_{an}$  определено для растянутых стержней

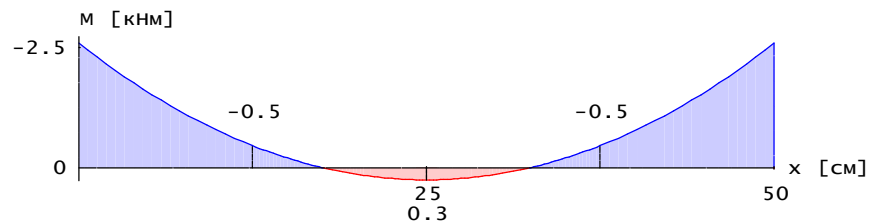
**Проверка трещиностойкости сваи**

Расчет по образованию трещин	N [кН]	M [кНм]	$N_{cr,c}$ [кН]	$M_{cr,c}$ [кНм]	Трещины
	10.5	-16.3	5.5	-8.5	образуются

Условие трещиностойкости  $a_{cr,c} / a_{cr,c,u} = 0.162 / 0.200 = 0.812 \leq 1$

**Расчет ростверка как многопролетной балки с учетом ширины опор**

Изгибающий момент	q [кН/м]	$M_0$ [кНм]	$M_n$ [кНм]
	91.0	-0.5	0.3

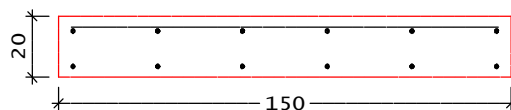


Требуемая площадь арматуры  
 верхней  $A_{sв} = 0.09 \text{ см}^2$   
 нижней  $A_{сн} = 0.04 \text{ см}^2$

Подобранная арматура	Арматура	$n_s$	$d_s$ [мм]	$a_s$ [мм]	$A_s$ [см <sup>2</sup> ]
	верхняя	6	12	42	6.79
	нижняя	6	12	30	6.79

Примечание Учтено ограничение расстояния между осями стержней

Процент содержания арматуры  
 верхней  $\mu_{св} = 0.30 \%$   
 нижней  $\mu_{сн} = 0.28 \%$



**Проверка прочности ростверка**

$$M_o / M_{u-} = 0.5 / 38.1 = 0.012 \leq 1$$

$$M_n / M_{u+} = 0.3 / 44.4 = 0.006 \leq 1$$

**Проверка трещиностойкости ростверка**

Ширина раскрытия трещин	M [кНм]	M <sub>срс</sub> [кНм]	a <sub>срс</sub> / a <sub>срс,у</sub>
	-0.3	-27.0	Трещины не образуются
	0.2	27.3	Трещины не образуются

**Работоспособность фундамента обеспечена**

Расчет выполнен модулем t544 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт