

Расчёт ветровой нагрузки по СП 20.13330.2016

типа местности

$ter := \text{"B"}$

сооружение

$bld := \text{"Здание"}$

размер здания в направлении расчетного ветра

$a := 21.4 \text{ м}$

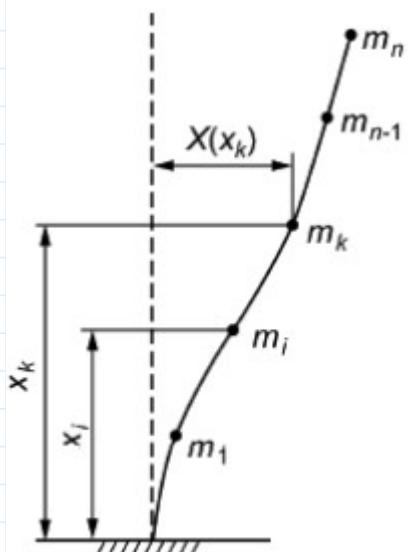
размер здания в направлении перпендикулярном
расчетному направлению ветра

$d := 16 \text{ м}$

коэффициент надёжности по нагрузке

$\gamma_f := 1.4$

Расчётная динамическая
модель РДМ



Модуль упругости бетона

$$E := 36000 \text{ MPa}$$

Плотность бетона

$$\gamma := 2750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Количество диафрагм
одного направления

$$n_d := 8$$

<i>td</i> (mm)	<i>ld</i> (m)	<i>tp</i> (mm)	<i>la</i> (m ²)	<i>dlv</i> (kPa)	<i>llv</i> (kPa)	<i>x_i</i> (m)	
300	7.2	200	1650	2	4	4.2	Толщина диафрагм <i>td</i>
300	7.2	200	1650	3	2	7.2	Длина диафрагм <i>ld</i>
300	7.2	200	1650	3	2	10.2	Толщина перекрытий <i>tp</i>
300	7.2	200	1650	3	2	13.2	Площади этажей <i>la</i>
300	7.2	200	1650	3	2	16.2	
300	7.2	200	1650	3	2	19.2	Постоянные нагрузки <i>dlv</i>
300	7.2	200	1650	3	2	22.2	Временные нагрузки <i>llv</i>
300	7.2	200	1650	3	2	25.2	
300	7.2	200	1650	3	2	28.2	Отметка перекрытия <i>x_i</i>
300	7.2	200	1650	3	2	31.2	
300	7.2	200	1650	3	2	34.2	
300	7.2	200	1650	3	2	37.2	
300	7.2	200	1650	3	2	40.2	
300	7.2	200	1650	3	2	43.2	
300	7.2	200	1650	3	2	46.2	
300	7.2	200	1650	3	2	49.2	
300	7.2	200	1650	3	2	52.2	
300	7.2	200	1650	3	2	55.2	
300	7.2	200	1650	4	4	59.4	

Момент инерции диафрагм

$$I_d := \frac{\overline{td} \cdot \overline{ld}^3}{12} \cdot n_d$$

$$EI := E \cdot I_d$$

$$n := \text{rows}(td) = 19$$

Общая длина

$$L := x_{i_{n-1}} = 59.4 \text{ m}$$

коэффициент учёта
других конструкций

$$k_w := 1.1$$

Матрица масс

$$M := \left\| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..n-1 \\ \quad \left\| M_{i,i} \leftarrow \left(tp_i \cdot \gamma + \frac{dlv_i}{g} + \frac{llv_i}{g} \right) \cdot la_i \cdot k_w \right\| \\ \quad \left\| M \right\| \end{array} \right\|$$

Моменты от единичных сил

$$M_i(x, xi, S) := \left\| \begin{array}{l} \text{if } x \leq xi \\ \quad \left\| M \leftarrow S \cdot xi - S \cdot x \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| M \leftarrow 0 \text{ } \mathbf{kN} \cdot \mathbf{m} \right\| \\ \quad \left\| M \right\| \end{array} \right\|$$

Матрица податливости

$$\Delta := \left\| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..n-1 \\ \quad \left\| \text{for } j \in 0..n-1 \\ \quad \quad \left\| D_{i,j} \leftarrow \int_0^L M_i(x, x_{i_j}, 1 \text{ } \mathbf{kN}) \cdot M_i(x, x_{i_j}, 1 \text{ } \mathbf{kN}) dx \right. \\ \quad \quad \left. \right\| \\ \quad \left\| D \right\| \end{array} \right\|$$

$$D := \Delta \cdot M$$

Собственные значения

$$\lambda := \text{eigvals}(D)$$

Круговая частота

$$\omega := \sqrt{\frac{1}{\lambda}}$$

Период	Техническая частота	Собственные векторы
$T := \frac{2 \cdot \pi}{\omega \cdot kN}$	$f := \frac{\omega \cdot kN}{2 \cdot \pi}$	$U := \text{eigenvects}(D)$
$vx := \text{stack}(0 \ m, x_i)$	$vy := \left\ \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..n-1 \\ vy_i \leftarrow \text{stack}(0, U^{(i)}) \end{array} \right\ vy$	
$ci(i) := \text{cspline}(vx, vy_i)$	$U_i(x, i) := \text{interp}(ci(i), vx, vy_i, x)$	
Формы колебаний	$x := 0 \ m, \frac{L}{100}..L$	
<p>The graph displays six distinct oscillating curves, each representing a different mode of vibration. The x-axis is labeled $x \ (\text{m})$ and ranges from 0 to 60. The y-axis ranges from -0.45 to 0.45. The curves are color-coded and labeled on the right side:</p> <ul style="list-style-type: none"> $U_i(x, 0)$ (red) $U_i(x, 1)$ (green) $U_i(x, 2)$ (blue) $U_i(x, 3)$ (yellow) $U_i(x, 4)$ (orange) $U_i(x, 5)$ (dark green) <p>The curves show various patterns of nodes and antinodes, indicating different spatial distributions for each mode.</p>		
$T_0 = 3.214 \ s$	$T_1 = 0.517 \ s$	
Первая частота собственных колебаний		Вторая частота собственных колебаний
$f_0 = 0.311 \frac{1}{s}$		$f_1 = 1.935 \frac{1}{s}$

$$\Delta z := 0.15 \text{ m}$$

высота от поверхности земли

$$h := x_{i_{n-1}} + \Delta z = 59.55 \text{ m}$$

Нормативное значение ветрового давления

Таблица 11.1

<i>Ia</i> (kPa)	<i>I</i> (kPa)	<i>II</i> (kPa)	<i>III</i> (kPa)	<i>IV</i> (kPa)	<i>V</i> (kPa)	<i>VI</i> (kPa)	<i>VII</i> (kPa)
0.17	0.23	0.3	0.38	0.48	0.6	0.73	0.85

$$w_0 := I = 0.23 \text{ kPa}$$

Коэффициент k

Таблица 11.2

z_{ei} (m)	$A2$	$B2$	$C2$
0	0.75	0.5	0.4
5	0.75	0.5	0.4
10	1	0.65	0.4
20	1.25	0.85	0.55
40	1.5	1.1	0.8
60	1.7	1.3	1
80	1.85	1.45	1.15
100	2	1.6	1.25
150	2.25	1.9	1.55
200	2.45	2.1	1.8
250	2.65	2.3	2
300	2.75	2.5	2.2

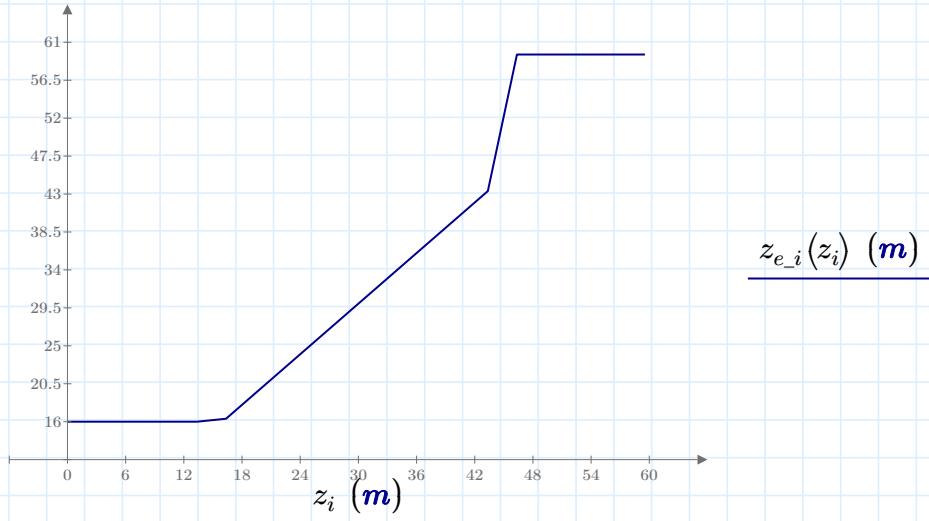
```

 $z_e(z, d, h) :=$ 
  if  $bld = \text{"Здание"}$ 
    if  $h \leq z$ 
       $z_e \leftarrow h$ 
    else if  $d < h \leq 2 \cdot d$ 
      if  $z \geq h - d$ 
         $z_e \leftarrow h$ 
      else if  $0 < z < h - d$ 
         $z_e \leftarrow d$ 
      else
         $z_e \leftarrow z$ 
    else if  $h > 2 \cdot d$ 
      if  $z \geq h - d$ 
         $z_e \leftarrow h$ 
      else if  $d < z < h - d$ 
         $z_e \leftarrow z$ 
      else if  $0 \leq z \leq d$ 
         $z_e \leftarrow d$ 
      else
         $z_e \leftarrow z$ 
    else
       $z_e \leftarrow z$ 
   $z_e$ 

```

$$z_i := \text{stack}(0, (x_i + \Delta z)) \quad n_z := \text{rows}(z_i) \quad z_{e_i}(z) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..n_z-1 \\ \| z_i \leftarrow z_{-e}(z_i, d, h) \\ \| z \end{cases}$$

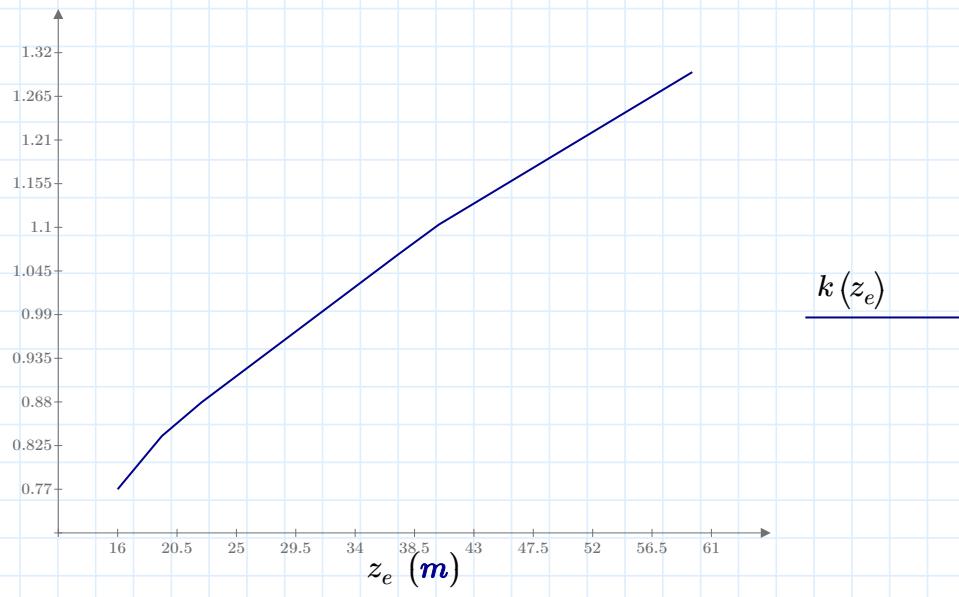
Эквивалентная высота



$$z_e := z_{e_i}(z_i)$$

$$k(z) := \text{linterp}(z_{ei}, B2, z_e)$$

Коэффициенты k



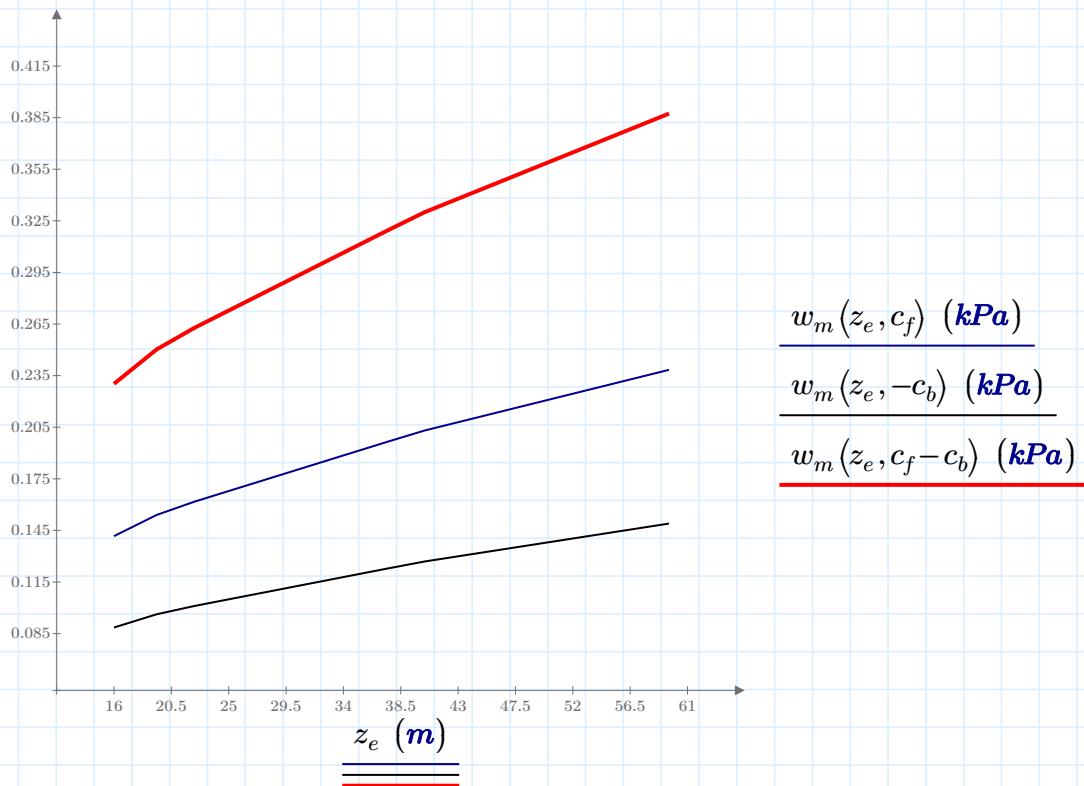
аэродинамический коэффициент

$$c_f := 0.8$$

$$c_b := -0.5$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки

$$w_m(z, c) := w_0 \cdot k(z) \cdot c$$



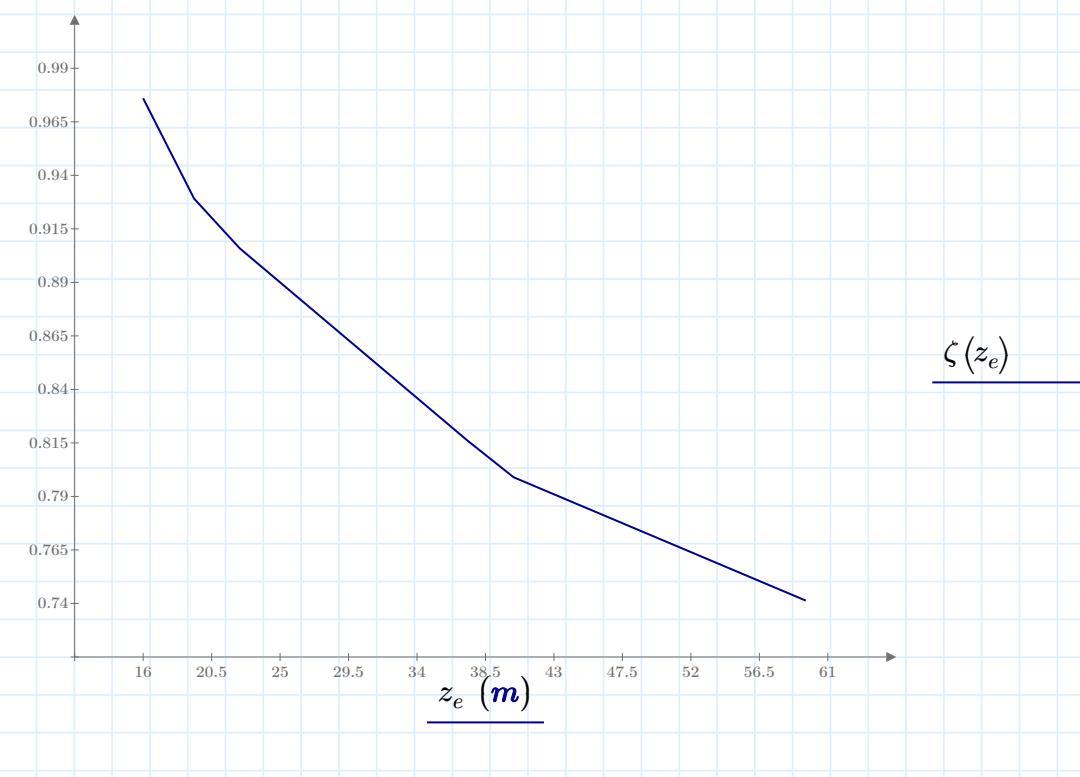
Коэффициент пульсаций давления ветра ζ

Таблица 11.4

$A4 \quad B4 \quad C4$

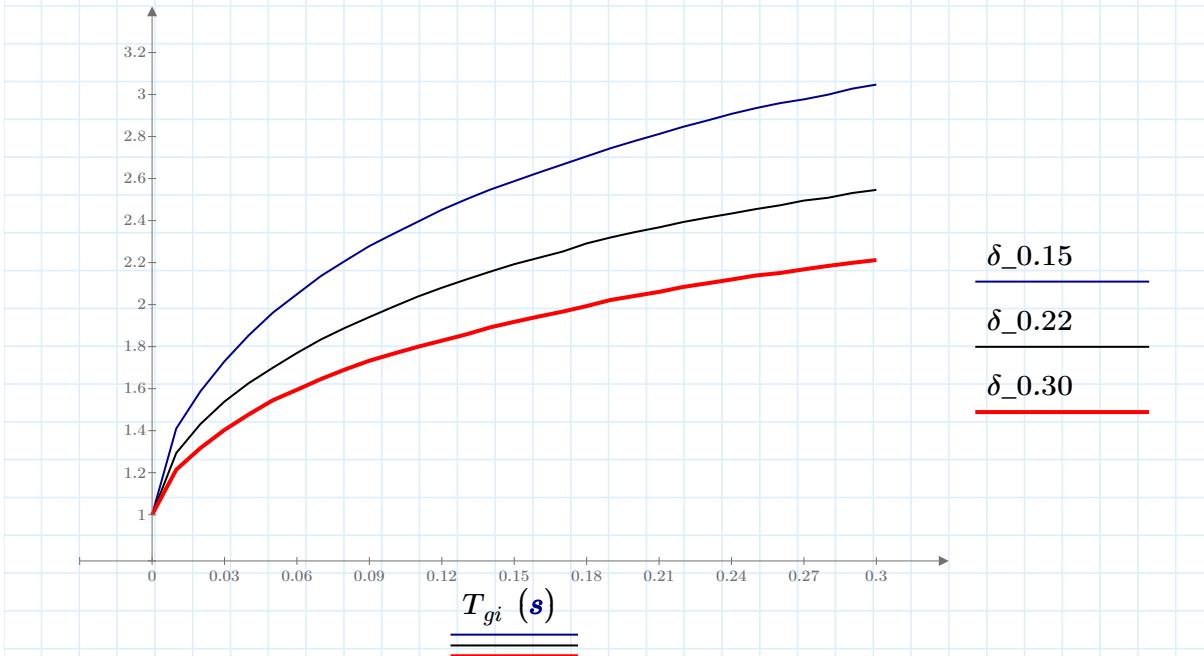
$A4$	$B4$	$C4$
0.85	1.22	1.78
0.85	1.22	1.78
0.76	1.06	1.78
0.69	0.92	1.5
0.62	0.8	1.26
0.58	0.74	1.14
0.56	0.7	1.06
0.54	0.67	1
0.51	0.62	0.9
0.49	0.58	0.84
0.47	0.56	0.8
0.46	0.54	0.76

$$\zeta(z) := \text{linterp}(z_{ei}, B4, z_e)$$



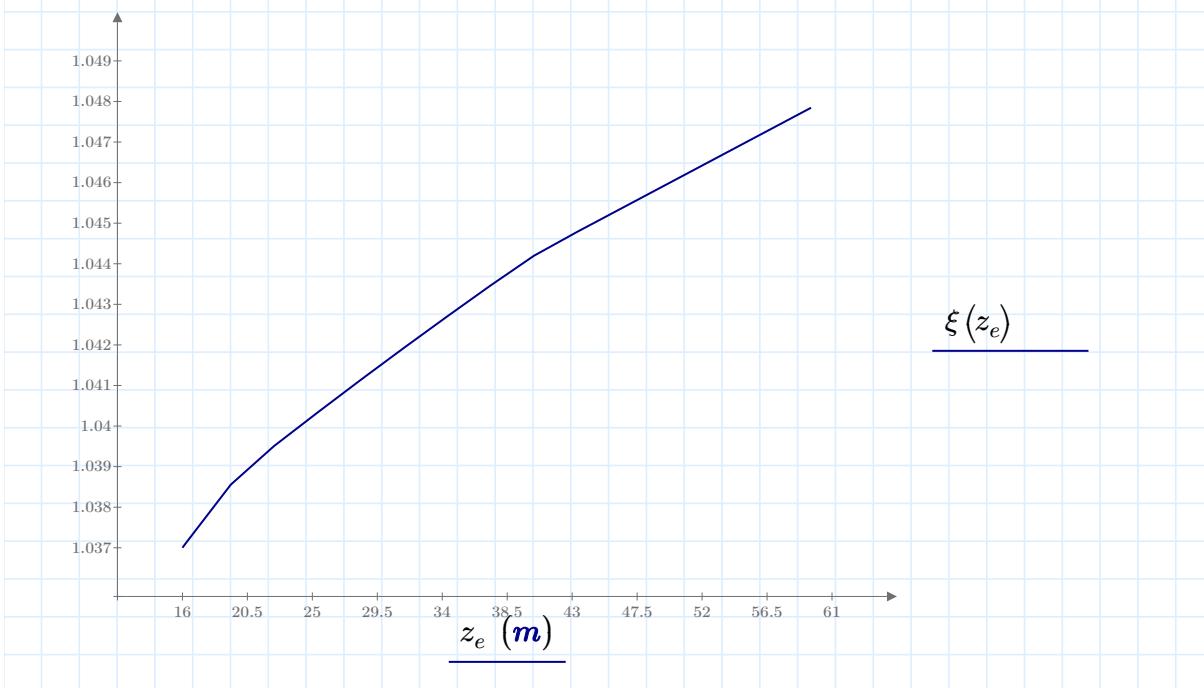
T_{gi}	$\delta_{-0.15}$	$\delta_{-0.22}$	$\delta_{-0.30}$
(<i>s</i>)			
0	1	1	1
0.01	1.4102	1.2935	1.2144
0.02	1.5868	1.4312	1.3171
0.03	1.7304	1.5389	1.4037
0.04	1.8536	1.6261	1.4771
0.05	1.9613	1.6994	1.5449
0.06	2.0496	1.7698	1.5948
0.07	2.1368	1.8345	1.6461
0.08	2.2086	1.8899	1.6916
0.09	2.2789	1.9408	1.733
0.1	2.3373	1.9902	1.7668
0.11	2.3942	2.038	1.7991
0.12	2.4514	2.0803	1.8284
0.13	2.5007	2.1192	1.8578
0.14	2.5472	2.1567	1.8916
0.15	2.5876	2.1926	1.918
0.16	2.628	2.2225	1.943
0.17	2.6669	2.2524	1.9666
0.18	2.7059	2.2914	1.9931
0.19	2.7448	2.3199	2.0224
0.2	2.7792	2.3453	2.0415
0.21	2.8122	2.3677	2.0607
0.22	2.8466	2.3932	2.0841
0.23	2.8765	2.4141	2.1017
0.24	2.908	2.4337	2.1194
0.25	2.935	2.4546	2.1386
0.26	2.9589	2.4726	2.1504
0.27	2.9771	2.4953	2.168
0.28	2.9995	2.5087	2.1842
0.29	3.028	2.5312	2.199
0.3	3.0474	2.5461	2.2122

Коэффициенты динамичности ξ



$$T_{g1}(z) := \frac{\sqrt{w_0 \cdot k(z) \cdot \gamma_f \cdot \frac{m^2}{kN}}}{940 \cdot f_0} \quad \xi(z) := \text{linterp}\left(T_{g1}, \delta_0.30, T_{g1}(z)\right)$$

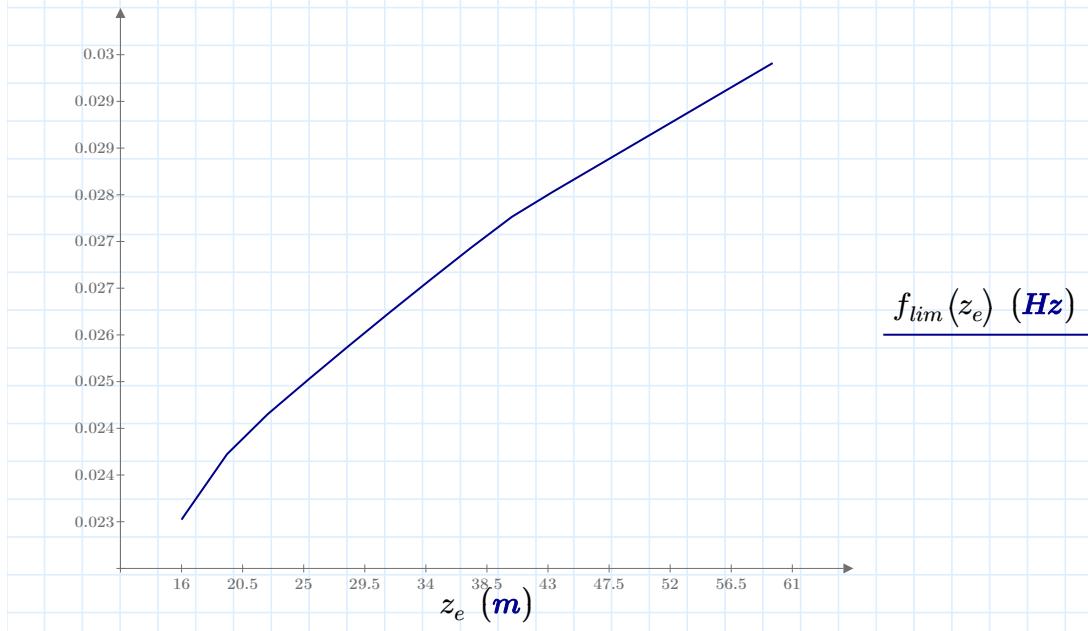
Коэффициенты динамичности ξ



$$T_{glim} := 0.023$$

$$f_{lim}(z) := \sqrt{w_0 \cdot k(z) \cdot \gamma_f \cdot \frac{m^2}{kN}} \\ 940 \cdot T_{glim} \cdot s$$

Предельное значение частоты
собственных колебаний



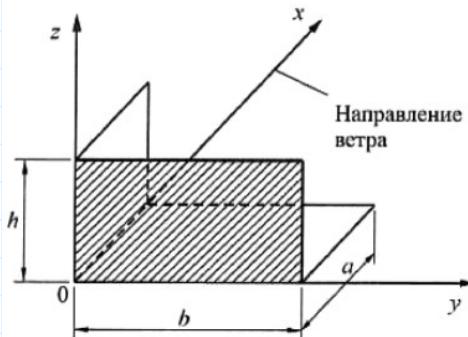
Коэффициент корреляции ν

Таблица 11.6

ρ_i (<i>m</i>)	χ_{-5}	χ_{-10}	χ_{-20}	χ_{-40}	χ_{-80}	χ_{-160}	χ_{-350}
0.1	0.95	0.92	0.88	0.83	0.76	0.67	0.56
5	0.89	0.87	0.84	0.8	0.73	0.65	0.54
10	0.85	0.84	0.81	0.77	0.71	0.64	0.53
20	0.8	0.78	0.76	0.73	0.68	0.61	0.51
40	0.72	0.72	0.7	0.67	0.63	0.57	0.48
80	0.63	0.63	0.61	0.59	0.56	0.51	0.44
160	0.53	0.53	0.52	0.5	0.47	0.44	0.38

Основная система координат при определении коэффициента корреляции ν

Таблица 11.7



$$b := d$$

$$\rho := b$$

$$\chi := h$$

mcs	ρ_s	χ_s
“Z0Y”	“b”	“h”
“Z0X”	“0.4*a”	“h”
“X0Y”	“b”	“a”

```

 $\nu :=$ 
  if  $\chi \leq 5 \text{ m}$ 
     $\nu \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-5}, \rho)$ 
  else if  $5 \text{ m} < \chi \leq 10 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-5}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-10}, \rho) - \nu_0}{5 \text{ m}} \cdot (\chi - 5 \text{ m})$ 
  else if  $10 \text{ m} < \chi \leq 20 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-10}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-20}, \rho) - \nu_0}{10 \text{ m}} \cdot (\chi - 10 \text{ m})$ 
  else if  $20 \text{ m} < \chi \leq 40 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-20}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-40}, \rho) - \nu_0}{20 \text{ m}} \cdot (\chi - 20 \text{ m})$ 
  else if  $40 \text{ m} < \chi \leq 80 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-40}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-80}, \rho) - \nu_0}{40 \text{ m}} \cdot (\chi - 40 \text{ m})$ 
  else if  $80 \text{ m} < \chi \leq 160 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-80}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-160}, \rho) - \nu_0}{80 \text{ m}} \cdot (\chi - 80 \text{ m})$ 
  else if  $160 \text{ m} < \chi \leq 350 \text{ m}$ 
     $\nu_0 \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-160}, \rho)$ 
     $\nu \leftarrow \nu_0 + \frac{\text{linterp}(\rho_i, \chi_{-350}, \rho) - \nu_0}{190 \text{ m}} \cdot (\chi - 160 \text{ m})$ 
  else
     $\nu \leftarrow \text{linterp}(\rho_i, \chi_{-350}, \rho)$ 

```

$$\nu = 0.72$$

$$\max(f_{lim}(z_i)) = 0.03 \frac{1}{\text{s}}$$

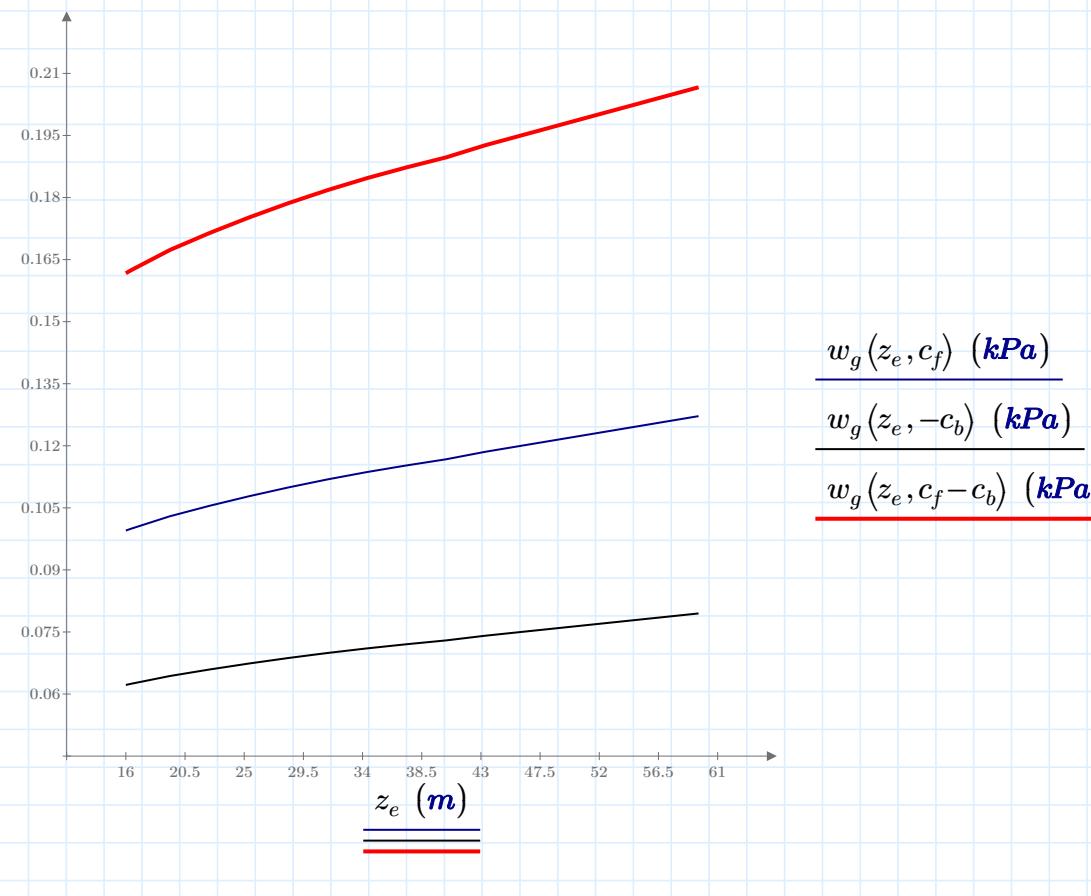
$$f_0 = 0.311 \frac{1}{\text{s}}$$

$$f_1 = 1.935 \frac{1}{\text{s}}$$

$$f_3 = 10.604 \frac{1}{\text{s}}$$

Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки

Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки w_g



$$w := w_m(z_e, c_f - c_b) + w_g(z_e, c_f - c_b)$$

Нормативное значение основной ветровой нагрузки w

