

Obliczenia konstrukcyjne komina stalowego D 1,04m; H=29,8 m

1. Założenia do obliczeń:

Materiał trzonu komina: stal konstrukcyjna S355J2W+N - Rura 1040/10 mm

gęstość masy stali $m_s := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

wytrzymałość obliczeniowa stali - przyjęto zgodnie z normą

$f_d := 215 \text{ MPa}$

wytrzymałość gwarantowana przez producenta (355 MPa)

współczynnik sprężystości wzdłużnej $E_a := 205 \text{ GPa}$

Parametry geometryczne konstrukcji - komin jednopowłokowy wolnostojący
Przyjęto w obliczeniach średnicę większą na całym obwodzie (wariant obliczeniowy bezpieczniejszy)

średnica zewnętrzna trzonu komina $D := 1.04 \text{ m}$

wysokość całkowita komina $H_0 := 29.8 \text{ m}$

wysokość komina od fundamentu $H := 29.5 \text{ m}$

grubość ścianki komina u podstawy $t := 0.01 \text{ m}$

Parametry eksploatacyjne:

przewidywany czas użytkowania $t_c := 20 \text{ lat}$

temperatura gazów wewnątrz komina $T_{\text{int}} := 260 \text{ C}$

temperatura powietrza na zewnątrz $T_{\text{ext}} := 35 \text{ C}$

2. OBCIĄŻENIA I ODDZIAŁYWANIA

Obciążenia stałe - ciężar własny konstrukcji

pole przekroju trzonu

$$A_t := \pi \cdot \frac{D^2}{4} - \pi \cdot \frac{(D - 2t)^2}{4} \quad A_t = 0.032 \text{ m}^2$$

ciężar trzonu

$$G_t := H \cdot A_t \cdot m_s \cdot 0.00981 \quad G_t = 73.51 \text{ kN}$$

ciężar urządzeń $G_{\text{ur}} := 0.6 \text{ kN}$

ciężar drabiny wjazdowej

długość drabiny $L_d := H - 3$

rozstaw szczebli $a_s := 0.3 \text{ m}$

policzki - kątownik L 50x50x5	$g_p := 3.77$	$\frac{kg}{m}$	
osłona drabiny - płaskownik 5x50mm	$g_o := 1.97$	$\frac{kg}{m}$	
rozstaw poręczy poziomych	1	m	
długość poręczy poziomych	1.7	m	
liczba poręczy pionowych	3	szt	
$g_d := L_d \cdot 1.7 \cdot g_o + 3 \cdot g_o \cdot L_d + 2L_d \cdot g_p + 0.4 \cdot 2.47 \cdot \frac{L_d}{a_s}$			
	$g_d = 532.447$	kg	
$G_d := g_d \cdot 0.00981$			
	$G_d = 5.223$	kN	
RAZEM CIĘŻAR KOMINA	$G := G_t + G_d + G_{ur}$	$G = 79.334$	kN
MASA KOMINA Z OSPRZĘTEM	$M := \frac{G}{9.81}$	$M = 8.087$	t

OBCIĄŻENIE WIATREM (STREFA I OBCIĄŻENIA ZGODNIE Z PN-70/B-02011)

obciążenie w linii wiatru

wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru	$q_k := 0.250$	$\frac{kN}{m^2}$
współczynnik czasu użytkowania	$c_{te} := 0.9$	
rodzaj terenu - A		
współczynnik zależny od rodzaju terenu	$k := 0.1$	
wykładnik zależny od rodzaju terenu	$\alpha := 0.14$	
wysokość nad poziomem terenu	$z := 34$	m
współczynnik ekspozycji	$c_e := k \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{2 \cdot \alpha}$	
	$c_e = 0.141$	
smukłość komina	$\frac{H}{D} = 28.365$	
współczynnik oporu areodynamicznego	$c_x := 0.7$	
liczba przewodów kominowych	$n := 1$	

korekta współczynnika ze względu na drabinę włączającą

$$c_x := c_x + 2.4 \cdot \frac{0.12}{0.7} \quad c_x = 1.111$$

współczynnik szczytowej wartości obciążenia $\psi := 2.5$

współczynnik chropowatości terenu $r := 0.08$

współczynnik ekspozycji

$$z_m := 1.5 \quad C_e := 0.9 + 0.0015 \cdot z_m \quad C_e = 0.902$$

współczynnik oddziaływania turbulentnego o częstotliwościach pozarezonansowych

$$k_b := 2.25 - 0.227 \left(1 + \frac{3.24D}{H} \right) \cdot \ln(H) \quad k_b = 1.394$$

zredukowana wartość charakterystyczna predkość wiatru

$$v_{rk} := 20 \quad \frac{m}{s}$$

współczynnik ekspozycji na wysokości komina

$$C_{eH0} := C_e$$

prędkość średnia na wysokości wierzchołka

$$v_{H0} := v_{rk} \cdot \sqrt{C_{eH0}} \quad v_{H0} = 18.997 \quad \frac{m}{s}$$

OBLICZENIE OKRESU DRGAŃ WŁASNYCH KOMINA
(KOMIN BEZ ODCIĄGÓW)

$$T_1 := \frac{0.001H^2}{D} \quad T_1 = 0.837$$

częstotliwość drgań własnych konstrukcji

$$n_1 := \frac{1}{T_1} \quad n_1 = 1.195 \quad \text{Hz}$$

częstotliwość zredukowana drgań własnych

$$n_r := n_1 \cdot \frac{H}{v_{H0}} \quad n_r = 1.856$$

współczynnik zmniejszający rezonansowe działanie porywów

$$\frac{H}{H_0} = 0.99 \quad K_L := 0.03$$

współczynnik energii porywów

$$K_o := 0.45$$

masa równoważna

$$m_e := \frac{M \cdot 1000}{H} \quad m_e = 274.136 \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

logarytmiczny dekrement konstrukcyjnego tłumienia drgań

$$\delta_s := 0.015$$

charakterystyczne obciążenie wiatrem

$$p := 0.001 q_k \cdot H \quad p = 7.375 \times 10^{-3} \quad \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

logarytmiczny dekrement aerodynamicznego tłumienia drgań wywołanych porywem wiatru

$$\delta_a := \frac{p \cdot T_1 \cdot v_{H0} \cdot c_x \cdot D}{2 \cdot m_e} \quad \delta_a = 2.472 \times 10^{-4}$$

współczynnik oddziaływania turbulentnego o częstotliwościach rezonansowych

$$k_r := \frac{2\pi K_L \cdot K_o}{\delta_s + \delta_a} \quad k_r = 5.563$$

współczynnik działania porywów wiatru

$$\beta := 1 + \psi \cdot \sqrt{\frac{r}{C_e} \cdot (k_b + k_r)} \quad \beta = 2.964$$

współczynnik zależny od czasu użytkowania

$$C_{te} := 0.9$$

WARTOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA OBCIĄŻENIA WIATREM

$$p_k := q_k \cdot C_{te} \cdot C_e \cdot c_x \cdot n \cdot D \cdot \beta \quad p_k = 0.695 \quad \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

POZOSTAŁE RODZAJE OBCIĄŻEŃ

Galopowanie - nie występuje dla komina jedнопrzewodowego

Interferencja aerodynamiczna - nie występuje z uwagi na brak obiektów w sąsiedztwie bezpośrednim

Obciążenia technologiczne pomostów - przyjęto 3 kN dla drabiny włazowej.

3. OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE I WYMIAROWANIE

ANALIZA TRZONU KOMINA

Parametry wytrzymałościowe przekroju

pole powierzchni przekroju

$$F := \left[D^2 - (D - 2t)^2 \right] \cdot \frac{\pi \cdot 10000}{4} \quad F = 323.584 \quad \text{cm}^2$$

średnica podziałowa

$$d_m := \frac{100 \cdot [D + (D - 2 \cdot t)]}{2} \quad d_m = 103 \quad \text{cm}$$

wskaźnik wytrzymałości przekroju

$$W := \frac{\pi \cdot d_m^3 \cdot t \cdot 100}{4D \cdot 100} \cdot \left[1 + \left(\frac{t \cdot 100}{d_m} \right)^2 \right] \quad W = 8.253 \times 10^3 \quad \text{cm}^3$$

moment bezwładności

$$I := \frac{W}{2} \quad I = 4.126 \times 10^3 \quad \text{cm}^4$$

promień bezwładności

$$i := \sqrt{\frac{I}{F}} \quad i = 3.571 \quad \text{cm}$$

SYTUACJA OBLICZENIOWA I - KOMIN W KOŃCOWEJ FAZIE UŻYTKOWANIA
(PRZYJĘTO W OBLICZENIACH 20 LAT UŻYTKOWANIA)

promień powłoki walcowej $r := \frac{D}{2} \quad r = 0.52 \quad \text{m}$

smukłość względna powłoki $\lambda_p := \frac{\frac{r}{t}}{1.59} \cdot \left(\frac{f_d}{E_a} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \lambda_p = 33.759$

współczynnik niestateczności miejscowej ścianki komina

$$\phi_p := \left(1 + \lambda_p^{-2.4} \right)^{-0.625} \quad \phi_p = 1$$

łączny stopień zagrożenia korozyjnego $\Sigma S := 5.0$

czas użytkowania 20 lat + 3 $t_c := 23$

ubytek korozyjny ścianki $\Delta t := \Sigma S \cdot 0.125 \quad \Delta t = 0.625 \quad \frac{\text{mm}}{\text{rok}}$

współczynnik zmniejszający wytrzymałość obliczeniową stali

$$\alpha_{\text{kor}} := \frac{1}{1 + 0.04 \cdot t_c \cdot \Delta t} \quad \alpha_{\text{kor}} = 0.635$$

długość wyboczeniowa $l_c := H$ $l_c = 29.5$ m

smukłość względna konstrukcji (przyjęto schemat komina z odciągami)

$$\lambda := \frac{l_c}{i} \quad \lambda = 8.261$$

smukłość zastępcza

$$\lambda_k := \frac{\lambda \cdot \sqrt{\phi_p}}{2.73} \cdot \sqrt{\frac{f_d}{E_a}} \quad \lambda_k = 3.099$$

współczynnik niestateczności ogólnej

$$\phi := \left(1 + \lambda_k^{3.2}\right)^{-0.625} \quad \phi = 0.102$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$$M_R := 1.2 \cdot \phi_p \cdot \alpha_{kor} \cdot \frac{W}{1000} \cdot f_d \quad M_R = 1.352 \times 10^3 \quad \text{kNm}$$

Nośność przy ściskaniu

$$N_{RC} := \phi \cdot \alpha_{kor} \cdot F \cdot f_d \quad N_{RC} = 4.525 \times 10^3 \quad \text{kN}$$

Siły przekrojowe

współczynnik obliczeniowy

$$\gamma := 1.4$$

$$\text{ściskająca} \quad N := \gamma \cdot G \quad N = 111.067 \quad \text{kN}$$

maksymalny moment zginający

$$M := \gamma \cdot \left(0.5 \cdot p_k \cdot H^2 \cdot 1.05\right) \quad M = 444.801 \quad \text{kNm}$$

maksymalna siła ścinająca

$$T := \gamma \cdot (p_k \cdot H \cdot 1.05) \quad T = 30.156 \quad \text{kN}$$

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI U PODSTAWY KOMINA

$$\frac{N}{\phi \cdot N_{RC}} + \frac{M}{M_R} = 0.569 \quad 0.569 < 1$$

.....
podpis