

MECHANICS

MEHĀNIKA

**RESEARCH OF DYNAMIC AND TEMPERATURE
INFLUENCE ON THE TENSION IN THE OBJECTS OF
HIGH ALTITUDE****DINAMISKO UN TEMPERATŪRAS IEDARBĪBU IETEKMES
IZPĒTE UZ AUGSTU OBJEKTU SASPRIEGTU STĀVOKLI**

Francis Turonoks, *lecturer, Dr.sc.ing.*

Riga Technical University

Daugavpils Scientific and Educational Centre

Address: 90 Smilšu Street, LV-5401, Daugavpils, Latvia

Phone: 371 65443348

Valentins Kiselovs, *lecturer, Dr.sc.ing.*

Riga Technical University

Daugavpils Scientific and Educational Centre

Address: Smilšu iela 90, LV-5401 Daugavpils, Latvia

Phone: 5452227, Fax: 5444456

E – mail: Valentin@politeh.lv

Guntis Strautmanis, *lecturer, Dr.sc.ing.*

Riga Technical University

Daugavpils Scientific and Educational Centre

Address: 90 Smilšu Street, LV-5401, Daugavpils, Latvia

Phone: 371 65443629

E – mail: Guntis@politeh.lv

Atslēgas vārdi: dinamika, dūmenis, temperatūra

Pētījuma objekti ir augstas būves, kurās dinamisko, kinemātisko un temperatūras iedarbību ietekmes rezultātā iespējama vertikālu un horizontālu plaisu un sānsveru rašanās, kā arī ārējo un iekšējo virsmu sagrūšana. Veikti pētījumi 100 m augsta ķieģeļu dūmeņa saspriegta stāvokļa noteikšanā. Pētījumu veikšana saistīta ar vertikālu plaisu rašanos uz dūmeņa stumbra. Tika izteikts pieņēmums, ka plaisas rodas dinamisko slodžu ietekmē, t.i. strādājot piectonnīgiem veseriem kalšanas ceļā, kas atrodas 30 m attālumā no dūmeņa. Izstrādāta šo objektu saspriegta stāvokļa noteikšanas metodika, saskaņā ar kuru veikti šādi pētījumi: kompleksie hidroģeoloģiskie pētījumi grunšu fizikāli mehānisko raksturojumu noteikšanai;

dūmeņa konstrukciju faktiskā stāvokļa novērtējums un dūmeņa stumbra materiālu fizikāli mehānisko raksturojumu noteikšana;
 kalšanas veseru ārējo dinamisko iedarbību noteikšana un mērīšana;
 dūmeņa saspriegta stāvokļa rakstura novērtēšana temperatūras iedarbībā;
 dūmeņa nesošo konstrukciju aprēķins, ievērojot dūmeņa stumbra lieces svārstību pašfrekvenču spektru un dūmeņa stumbra nestspējas noteikšana atkarībā no tā svara un vēja slodzes.
 Ar urbšanas mašīnu УБЛ-15 veiktie kompleksie hidroloģiskie pētījumi parādīja, ka būvlaukumā ir šādi ģeoloģiski litoloģiskie slāņojumi:
 uzbērtās grunts $t_{ch} Q_{IV}$;
 virspalēnas terases alviālie nogulumi $al Q_{IV}(1t)$;
 ezeru ledāju nogulumi $lg Q_{III} V_2$.
 Zem dūmeņa pamata esošo grunšu galvenie raksturojumi atspoguļoti 1.tabulā.

1. tabula. Lenšu mālu galvenie raksturojumi

Nr p.k.	Nogulumu nosaukums	Noguluma dziļums, m	Porainības koeficients	Parametri			I_L	R, MPa
				φ , grād	C, MPa	E, MPa		
1.	Mīksti plastiskie	7.0	0.75	15	$3 \cdot 10^{-2}$	15	0.60	0.10
2.	Cieši plastiskie	3.8	0.57	18	$4 \cdot 10^{-2}$	18	0.33	0.15
3.	Puscietie	10.0	0.52	21	$6 \cdot 10^{-2}$	28	0.15	0.20

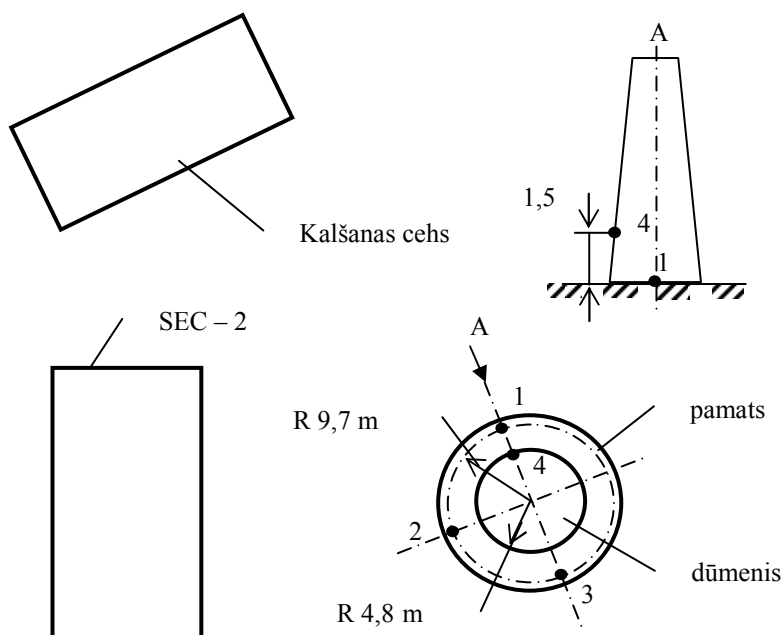
1971.gadā (projekta izstrādes gads) un pētījuma periodā veiktie grunšu pamata fizikāli mehānisko raksturojumu un ģeoloģisko apstākļu salīdzinājumi parādīja, ka pagājušajā periodā notikusi gruntsūdeņu pazemināšanās no atzīmes 96,0 m līdz atzīmei 94,65 m līmeņa pjezometrisko svārstību dēļ, kā arī grunts sablīvēšanās slodžu ietekmē. Māla tilpuma svars izmainījās no $1,95 \times 10^2 \text{ n/m}^3$ līdz $2,15 \times 10^2 \text{ n/m}^3$, porainības koeficients no 0,6...0,7 līdz 0,4...0,5, māla grunšu konsistence: no mīksti plastiskas līdz puscietai un cieši plastiskai.

Dūmeņa konstrukciju faktiskā stāvokļa novērtēšana un dūmeņa stumbra materiālu fizikāli mehānisko raksturojumu noteikšana veikta kā vizuāli, tā arī ar optiskām ierīcēm un izmantojot impulsa ultraskaņas metodi. Stumbra mūrējuma materiāla mehāniskie raksturojumi noteikti ar nesagraušanas metodi, izmantojot ierīci ГСН УК-10 ПМС, kurā kā impulsu uztvērējs un izstarotājs izmantots pārveidotājs ПП3-12 ar frekvenci $\omega = 50 \dots 200 \text{ Hz}$. Pēc mērījumiem tika pētīta paraugu spiede, liece un nobīde. Dūmeņa konstrukciju materiāla fizikāli mehāniskie raksturojumi atspoguļoti 2. tabulā.

2.tabula. Dūmeņa konstrukciju materiāla fizikāli-mehāniskie raksturojumi

Nr p.k.	Dūmeņa stumbra konstrukcijas materiāls	Elastības modulis E, MPa	Puassona koeficients ν	Nobīdes modulis G, MPa
1.	Vienkārši māla ķieģeļi M100	5450	0,35	4320
2.	Skābesizturīgie ķieģeļi M125	6430	0,37	3765
3.	Cokola ķieģeļu mūrējums. Ķieģeļi M100, javas marka 50	1500	0,13	845
4.	Dūmeņa stumbra ķieģeļu mūris. Ķieģeļi M100, javas marka 25	1500	0,13	845

Kalšanas veseru radīto ārējo dinamisko ietekmju noteikšana un mērīšana veikta ar mērījumu kompleksu, kurš sastāv no vibrāciju mērīšanas induktīvā pārveidotāja D21A, vibrāciju mērītāja ВИП-2 УХЛ-4.2, pašrakstītāja H333.



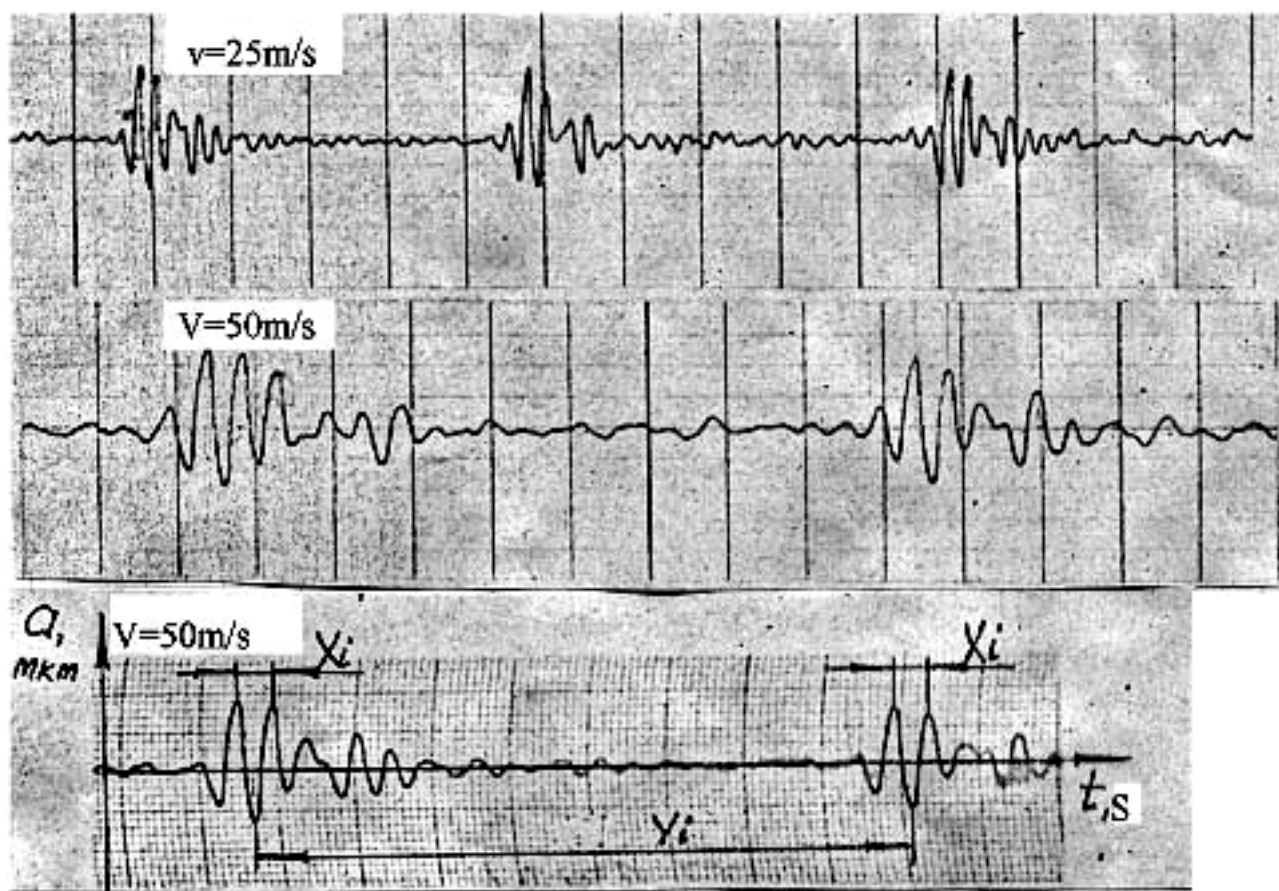
1. attēls. Objekta un punktu svārstību mērījumu izvietojuma shēma

Celtnes četriem punktiem (1.attēlā) ir noteikti svārstību procesa dinamiskie raksturojumi, ko rada kalšanas ceļā strādājošo veseru triecienu impulsi. Katrā punktā veikti 50 mērījumi. Pamata un dūmeņa stumbra punktu svārstību amplitūdu maksimālās vērtības atspoguļotas 3.tabulā.

3. tabula. Pamata un dūmeņa stumbra punktu svārstību amplitūdu maksimālās vērtības

Nr p.k.	Amplitūda, mkm	Vibrāciju mērīšanas punkti			
		1	2	3	4
1.	a	14.6	14.7	8.0	7.7

Dūmeņa stumbra 4.punkta svārstību procesa oscilogrammas parādītas 2.attēlā. Darbojošos veseru triecienu impulsu un dūmeņa svārstību frekvences noteiktas pēc triecienu impulsu t_1 un piespiedu svārstību T_1 periodiem.



2.attēls. Dūmeņa stumbra 4.punkta svārstību procesa oscilogramma

Triecienu impulsu periodi t_1 un piespiedu svārstību periodi T_1 noteikti pēc attālumiem X_i un Y_i svārstību procesa oscilogrammās, ievērojot lentas ātrumu.

Ekspperimentālo datu analīze rāda:

1. Maksimālās svārstību amplitūdas visos punktos nepārsniedz $15 \mu m$.

2. Darbojošos veseru triecienu impulsu frekvences atrodas diapazonā 0,6...1,72 Hz. Dūmeņa piespiedu svārstību frekvences ir 11,2...12,5 Hz robežās.

Tādējādi, dūmeņa piespiedu svārstību frekvence ir par kārtu augstāka par triecienu impulsu iedarbības frekvenci. No tā var secināt, ka piespiedu svārstības laikā starp triecienu impulsiem pilnīgi rimst. Šis apstāklis nosaka svārstību procesa raksturojumu: pirmā fāze pēc vesera trieciena – dūmeņa vienfrekvences piespiedu svārstības, bet otrā fāze – rimstošās svārstības.

3. Pamata un dūmeņa punktu svārstību fāžu novirzes nav.

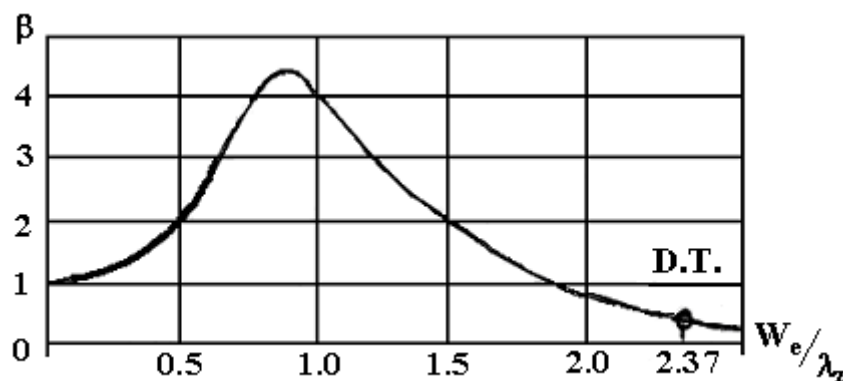
Tas ļauj apgalvot, ka triecienu impulsu iedarbībā dūmenis veic vertikālas svārstības.

Novērtēta darbojošos veseru dinamisko slodžu ietekme uz dūmeņa nestspēju. Lai novērtēt svārstību dinamisko iedarbību uz dūmeni, izmantots svārstību koeficienta pieauguma jēdziens

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_e^2}{\lambda_z^2}\right)^2 - 4n^2 \frac{\omega_e^2}{\lambda_z^4}}},$$

kur ω_e – piespiedu svārstību frekvence; λ_z - dūmeņa vertikālo svārstību pašfrekvence; n - rimšanas koeficients.

Saskaņā ar šo izteiksmi konstruēta amplitūdu frekvenču līkne (3. attēlā), kur punkts DT attēlo dūmeņa amplitūdu-frekvenču stāvokli veseru darbības periodā.



3.attēls.Dūmeņa vertikālo svārstību amplitūdas frekvences raksturojums

Amplitūdas frekvenču raksturojuma analīze rāda, ka dūmenis veic vertikālas svārstības ar minimālām amplitūdām, t.i., strādā ārpus rezonanses apgabala.

Izmantojot Delambēra principu, noteiktas dinamiskās slodzes, kā arī dūmeņa nestspējas rezerve. Noteikts, ka nestspējas rezerves samazināšanās dinamisko slodžu ietekmē nepārsniedz vienu procentu.

Veikts temperatūras iedarbības vērtējums, izmantojot šādas sakarības (1):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_t &= \frac{\alpha \cdot E}{(1-\nu)r^2} \left[\frac{r^2 - r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \frac{r_2^2}{r_1} \int T \cdot r \cdot dr + \int_{r_1}^r T \cdot r \cdot dr - T \cdot r^2 \right] \\ \sigma_r &= \frac{\alpha \cdot E}{(1-\nu)r^2} \left[\frac{r^2 - r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \frac{r_2^2}{r_1} \int T \cdot r \cdot dr - \int_{r_1}^r T \cdot r \cdot dr \right] \\ \sigma_z &= \varepsilon_z E - \frac{\alpha \cdot E \cdot T}{1-\nu} + \frac{2 \cdot \nu \cdot \alpha \cdot E}{(1-\nu)(r_2^2 - r_1^2)} \int_{r_1}^{r_2} T \cdot r \cdot dr \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

kur α - lineārā paplašinājuma koeficients;

r - attālums no dūmeņa ass līdz dūmeņa stumbra vertikālajam šķēlumam;

r_1, r_2 - dūmeņa stumbra iekšējais un ārējais rādiusi;

T - temperatūra dūmeņa stumbra pētāmajā šķēlumā;

$\sigma_t, \sigma_r, \sigma_z$ - attiecīgi riņķa radiālais un ass spriegums.

Temperatūras ietekmes radītā dūmeņa stumbra mūra saspringtā stāvokļa analīze rāda, ka temperatūras sprieguma apvidus sastāvdaļa σ_t veicina vertikālu plaisu veidošanos uz dūmeņa ārējās virsmas. Radiālais spriegums uz šīs virsmas $\sigma_r = 0$, bet stiepes spriegums σ_z daļēji tiek līdzsvarots ar dūmeņa stumbra svara sprieguma. Temperatūras sadales funkcionālā atkarība no dūmeņa stumbra daudzslāņu konstrukcijas biezuma tika noteikta no sakarības:

$$T = T_1 + \operatorname{tg}\beta \left(\frac{r_1 R_3}{r_2 - r_1} - R_1 - R_2 - R_b \right) - \frac{R_3 \cdot \operatorname{tg}\beta}{r_2 - r_1} r, \quad (2)$$

kur:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{T_1 - T_2}{R_b + R_1 + R_2 + R_3 + R_H},$$

T_1, T_2 - gāzu temperatūra stumbra iekšienē un ārējā gaisa temperatūra visaukstāko piecu dienu laikā; R_B, R_H - siltumzvēres un siltumatdeves termiskās pretestības; R_1, R_2, R_3 - dūmeņa stumbra termiskās pretestības, attiecīgi: oderējuma, siltumaizsargslāņa, ķieģeļu mūra.

Pēc pārveidošanas no (1), ievērojot (2), iegūstam tangenciālo spriegumu σ_{tB} un σ_{tH} sastāvdaļas uz dūmeņa stumbra iekšējās un ārējās virsmas šāda veidā:

$$\begin{aligned} \sigma_{tH} &= \frac{\alpha \cdot E \cdot \delta_3 \cdot (r_2 + 2r_1) \cdot \operatorname{tg}\beta}{3 \cdot \lambda_3 \cdot (1-\nu)(r_1 + r_2)} \\ \sigma_{tB} &= \frac{\alpha \cdot E \cdot \delta_3 \cdot (r_1 + 2r_2) \cdot \operatorname{tg}\beta}{3 \cdot \lambda_3 \cdot (1-\nu)(r_1 + r_2)} \end{aligned}$$

kur λ_3 - dūmeņa mūrējuma siltumvadītības koeficients, δ_3 - mūrējuma nesējsienas biezums.

Tangenciālo spriegumu lielumi atkarībā no dūmeņa stumbra šķēluma augstuma doti 4. tabulā.

4. tabula. Tangenciālie spriegumi

Nr. p.k.	Spriedze, MPa	Dūmeņa stumbra šķēlums						
		+16.0	+21.0	+26.0	+34.0	+40.0	+60.0	+77.0
1.	σ_{th}	-0.621	-0.577	-0.532	-0.477	-0.420	-0.340	-0,261
2.	σ_{tb}	0.567	0.531	0.494	0.477	0.397	0.323	0.250

Temperatūru spriegumu izpēte ļauj apgalvot, ka viens no galvenajiem vertikālu plaisu rašanās iemesliem uz dūmeņa stumbra virsmas ir tangenciālie spriegumi, kuri pārsniedz pieļaujamos 1,1...2,5 reizes.

Dūmeņa nesošo konstrukciju aprēķins veikts saskaņā ar rekomendācijām [2]...[5].

1. Tika noteikts dūmeņa stumbra lieces svārstību pašfrekvenču spektrs.

2. Veikts dūmeņa stumbra nestspējas aprēķins atkarībā no tā svara un vēja slodzes.

Veicot aprēķinus, dūmenis attēlots kā iespīlēta pakāpienveidīga šķēluma sija ar deviņām brīvības pakāpēm. Dūmeņa stumbra atsevišķu pakāpienu masas, kuras tiek noteiktas ar reducēto masu metodi, izvietotas katra pakāpiena smaguma centrā. Brīvo svārstību diferenciālvienādojumu sistēmas atrisinājums tika meklēts trigonometriskās virknes formā.

Veiktie pētījumi ļauj sniegt ieteikumus dūmeņa konstrukcijas turpmākai ekspluatācijai, bet metodiku var izmantot augstu būvju saspriegti deformēta stāvokļa noteikšanai.

Literatūra

1. Тимошенко С.П. Теория упругости // ОНТИ, Государственное технико-теоретическое изд-во – Ленинград – Москва, 1934 – 451 с.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия // ЦИТП Госстроя СССР–Москва, 1988 – 36 с.
3. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий // ЦИТП Госстроя СССР – Москва, 1986 – 56 с.
4. СНиП 11-22-81. Каменные и армокаменные конструкции // Стройиздат – Москва, 1983 – 40 с.
5. СНиП 2.03.04-84. Высотные сооружения // ЦИТП Госстроя СССР - Москва, 1985 – 45 с.

Turonoks F., Kiseļovs V., Strautmanis G. Dinamisko un temperatūras iedarbību ietekmes izpēte uz augstu objektu saspriegtu stāvokli

Pētījuma objekts ir augsta būve, kurā dinamisko, kinemātisko un temperatūras iedarbību ietekmes rezultātā iespējama vertikālu un horizontālu plaisu un sānsveru rašanās, kā arī ārējo un iekšējo virsmu sagrūšana. Veikti pētījumi 100 m augsta ķieģeļu dūmeņa saspriegta stāvokļa noteikšanā. Pētījums veikts, lai noskaidrotu cēloņus, kādēļ uz dūmeņa stumbra rodas vertikālas plaisas. Izstrādāta augsta objekta saspriegta stāvokļa noteikšanas metodika, saskaņā ar kuru veikti kompleksie hidroģeoloģiskie pētījumi grunšu fizikāli mehānisko raksturojumu noteikšanai, dūmeņa konstrukciju faktiskā stāvokļa novērtējums un noteikts dūmeņa stumbra materiālu fizikāli mehāniskais raksturojums, noteikta un izmērīta kalšanas ceļa veseru ārējā dinamiskā iedarbība, dūmeņa saspriegta stāvokļa rakstura novērtēšana temperatūras iedarbībā. Izdarīts dūmeņa nesošo konstrukciju aprēķins, ievērojot dūmeņa stumbra lieces svārstību pašfrekvenču spektru un noteikta dūmeņa stumbra nestspēja atkarībā no tā svara un vēja slodzes.

Turonoks F., Kiselovs V., Strautmanis G. Research of dynamic and temperature influence on the tension in the objects of high altitude

The tension of a brick 100 metres high flue is researched. The influence of the sledge-hammer's external percussive affections is determined. The temperature influence on the probability of the cracking is estimated. The calculation of the flue's constructions according to the carrying capacity is carried out.

Турунок Ф., Киселёв В., Страутманис Г. Исследование влияния динамических и температурных воздействий на напряженное состояние высотных объектов

Объектом исследования является высотное сооружение, в котором под воздействием динамических, кинематических и температурных воздействий возможно появление вертикальных и горизонтальных трещин, перекося, а также разрушение наружной и внешней поверхности. Исследовано напряженное состояние кирпичной дымовой трубы высотой 100 м. Определено влияние внешних ударных воздействий от кузнечных молотов. Сделана оценка температурных воздействий на вероятность трещинообразования. Проведен расчет конструкций трубы по несущей способности.