

4. Siltumtehnika

4.1. Analītiskā daļa

2003. gada 1. janvārī Latvijā spēkā stājās būvnormatīvs LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" [6], kas saskaņo prasības ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnikai Latvijā ar ES prasībām. Šajā būvnormatīvā ēku galvenais siltumtehniskais rādītājs ir ēkas aprēķinu siltuma zudumu koeficients (H_T , W/K), kas norāda enerģijas zudumus vatos caur ēkas norobežojošām konstrukcijām pie 1 grāda temperatūras starpības uz to pretējām virsmām. Ēkas aprēķina siltuma zudumu koeficients H_T nedrīkst pārsniegt normatīvo siltuma zudumu koeficientu (H_{TR}). Lai aprēķinātu H_T , vispirms ir nepieciešams aprēķināt ēku norobežojošo konstrukciju termiskās pretestības vai siltuma caurlaidības koeficientus U .

Ēku norobežojošās konstrukcijās siltuma plūsmas parasti aprēķina stacionāram (no laika neatkarīgam) gadījumam. Siltuma caurlaidības koeficients U parāda, kāds siltuma daudzums laika vienībā izplūst caur konstrukcijas vienu kvadrātmetru lielu laukumu, ja temperatūru starpība starp norobežojošās konstrukcijas abām pusēm ir viens grāds.

Saskaņā ar standartu LVS EN ISO 6946 [1], siltuma caurlaidības koeficientu U plakanās konstrukcijās aprēķina pēc formulas, kas ietver arī konstrukcijas siltumizolējošās iespējas

$$U = \frac{1}{R_i + R_e + \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{\lambda_i}}, \quad (4.1)$$

- kur
- U – siltuma caurlaidības koeficients, $W/(m^2 \cdot K)$;
 - R_i – termiskā pretestība konvekcijas siltuma pārejai: konstrukcija – iekštelpa, $m^2 \cdot K/W$;
 - R_e – termiskā pretestība konvekcijas siltuma pārejai: konstrukcija – ārpuse, $m^2 \cdot K/W$;
 - d_i – i-tā konstrukcijas slāņa biezums, m ;
 - λ_i – i-tā konstrukcijas slāņa siltumvadītspējas koeficients, $W/(m \cdot K)$;
 - N – slāņu skaits konstrukcijā.

Standartā LVS EN ISO 6946 siltuma pāreju pretestībām R_i un R_e ir noteiktas sekojošas vērtības:

- $R_i = 0,10 \text{ m}^2 \cdot K/W$, siltuma plūsmai uz augšu;
- $R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$, horizontālai siltuma plūsmai;
- $R_i = 0,17 \text{ m}^2 \cdot K/W$, siltuma plūsmai uz leju;
- $R_e = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K/W$.

Tad siltuma zudumus caur ēkas norobežojošās konstrukcijas 1 m^2 laukumu var aprēķināt pēc formulas

$$Q = U (T_i - T_e), \quad (4.2)$$

- kur
- Q – siltuma zudumi, $W/(m^2 \cdot K)$;
 - T_i – iekštelpas gaisa temperatūra, °C;
 - T_e – apkures sezonas vidējā ārējais temperatūra, kuru reglamentē būvnormatīvs LBN 003-01 [7], °C.

Būvnormatīvā LBN 002-01 [6] tiek izvirzītas noteiktas prasības ēku norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficientu vērtībām. Saskaņā ar [6] tām jāatbilst normatīvajām U_{RN} vērtībām, bet, ja tas nav iespējams, tās nedrīkst pārsniegt maksimālās vērtības U_{RM} .

Normatīvās U_{RN} un maksimālās U_{RM} vērtības aprēķina pēc sekojošas metodikas. Ar formulu:

$$k = \frac{19}{T_i - T_e}, \quad (4.3)$$

kur T_i - iekštelpas gaisa aprēķina temperatūra, °C, [LBN 211 – 98];

T_e - ārgaisa vidējā temperatūra apkures sezonas laikā, °C, [7];

aprēķina temperatūras faktoru k , kuru reizina ar 4.1. tab. dotajām siltuma caurlaidības koeficienta vērtībām

Normatīvās U_{RN} un maksimālās U_{RM} siltuma caurlaidības un Ψ_R koeficienta vērtības

4.1. tab.

Būvelements	U_{RN} , W/(m ² · K)			U_{RM} , W/(m ² · K)		
	Dzīvojamās ēkas	Publiskās ēkas	Ražošanas ēkas	Dzīvojamās ēkas	Publiskās ēkas	Ražošanas ēkas
Jumti un pārsegumi, kas saskaras ar āra gaisu	0,20k	0,25k	0,35k	0,25k	0,35k	0,50k
Grīdas uz grunts	0,25k	0,35k	0,50k	0,35k	0,50k	0,70k
Sienas ar masu 100 kg/m ² un vairāk	0,30k	0,40k	0,50k	0,40k	0,50k	0,60k
Sienas ar masu zem 100 kg/m ²	0,25k	0,35k	0,45k	0,30k	0,40k	0,50k
Termiskie tilti Ψ_R	0,20k	0,25k	0,35k	0,25k	0,35k	0,50k

4.2. Paneļu siltuma caurlaidības aprēķins

Paneļu konstrukcijai, kurā siltumizolācijas slānis ir ieslēgts starp divām tērauda loksnēm, siltuma caurlaidības koeficientu saskaņā ar standartu [1] aprēķina pēc formulas (4.1). Tā noteikšanai ir nepieciešams zināt attiecīgo paneļa slāņu siltumvadītspējas koeficientus un slāņu biezumus. Šajā gadījumā tērauda lokšņu termiskā pretestība ir ļoti maza, salīdzinot ar siltumizolācijas slāņa termisko pretestību, un to praktiski var neievērot. Siltumizolācijas materiālu siltumvadītspēja ir atkarīga no temperatūras un mitruma satura. Standartā [8] šīs atkarības ir dotas ar sakarībām

$$\lambda = \lambda_{10} \cdot F_T \cdot F_m, \quad (4.4)$$

kur λ_{10} – izolācijas siltumvadītspēja pie 10 °C;

F_T – siltumvadītspējas termiskais labojuma reizinātājs;

F_m – siltumvadītspējas mitruma labojuma reizinātājs.

Šos reizinātājus aprēķina pēc formulām

$$F_T = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)}, \quad (4.5a)$$

$$F_m = e^{f_w \cdot (\omega_2 - \omega_1)}, \quad (4.5b)$$

kur f_t, f_w – temperatūras un mitruma aprēķina koeficienti, $K^{-1}; m^3/m^3$;

$T_1, T_2, \omega_1, \omega_2$ – temperatūras un mitruma robežvērtības, $^{\circ}C; m^3/m^3$.

Temperatūras intervālam ($0 - +30$ $^{\circ}C$) temperatūras un mitruma aprēķina koeficienti standartā [8] ir tabulēti. Ārpus šī intervāla precīzai siltumvadītspējas noteikšanai ir nepieciešams veikt tiešus mērījumus.

Ja formulās (4.5a, 4.5b) eksponentes kāpinātāji ir nelieli ($\ll 1$), tad, izvirzot izteiksmes (4.5a un 4.5b) rindā un ievietojot formulā (4.1), var iegūt tuvinātu izteiksmi

$$U = U_{10} + \Delta U_T + \Delta U_m, \quad (4.6)$$

kur ΔU_T – norobežojošās konstrukcijas siltuma caurlaidības koeficienta termiskais labojums,

$$\Delta U_T = U_{10} \cdot f_t \cdot (T_2 - T_1), W/(m \cdot K);$$

ΔU_m – norobežojošās konstrukcijas siltuma caurlaidības koeficienta mitruma labojums,

$$\Delta U_m = U_{10} \cdot f_w \cdot (\omega_2 - \omega_1), W/(m \cdot K).$$

4.3. Siltuma caurlaidības koeficienta aprēķins sendvičpaneļiem ar putupolistirola siltumizolāciju

Siltumvadītspējas koeficientus sausam putupolistirola slānim pie $10^{\circ}C$ var aprēķināt pēc Eiropas standarta [2] saskaņā ar formulu

$$\lambda_{10} = 0,027174 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot \rho + 0,173606 \cdot \frac{1}{\rho}, \quad (4.7)$$

kur ρ – putupolistirola tilpummasa, kg/m^3 .

Tab. 4.2. ir apkopota sausa putupolistirola siltumvadītspēja $W/(m \cdot K)$, kura ir aprēķināta saskaņā ar formulu (4.7.), ievērojot korekciju pie maziem slāņa biezumiem, ja $\lambda > 0,038 W/(m \cdot K)$ [2].

Putupolistirola siltumvadītspēja pie $10^{\circ}C$, $W/(m \cdot K)$

4.2. tab.

Biezums, m	Putupolistirola marka			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
0,05	0.0407	0.0373	0.0354	0.0345
0,08	0.0401	0.0369	0.0354	0.0345
0,10	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,12	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,15	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,20	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345

Tab. 4.3. ir apkopotas sendvičpaneļu (skaitot no ārpuses 0,6 vai 0,5 mm tērauda loksne; putupolistirola siltumizolācija; 0,5 mm tērauda loksne; ir/nav ģipškartons, kas tiek lietots ugunsdrošības paaugstināšanai)

siltuma caurlaidības koeficientu vērtības $W/(m^2 \cdot K)$, kas aprēķinātas ar formulu (4.1.), ievērojot tab. 4.2. datus.

Formulā (4.1) izmantotas vērtības $R_i = 0,13 m^2 \cdot K/W$; $R_e = 0,04 m^2 K/W$.

Sendvičpaneļu ar putupolistirolu pie temperatūras 10°C siltuma caurlaidības koeficienti, $W/(m^2 \cdot K)$

4.3. tab.

Biezumi, m	Putupolistirola marka			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
0.05	0.715	0.662	0.536	0.524
0.08	0.462	0.428	0.412	0.402
0.10	0.370	0.347	0.334	0.326
0.12	0.312	0.292	0.281	0.274
0.15	0.252	0.236	0.227	0.221
0.20	0.191	0.179	0.172	0.168

Tā kā putupolistirola siltumvadītspēja ir atkarīga no temperatūras* (sk. atsauci nod. beigās 61.lpp) un mitruma satura, tad nepieciešams aprēķināt atbilstošās korekcijas formulā (4.6).

Temperatūras labojuma aprēķina koeficienta vērtība saskaņā ar [8], izolācijas slāņu biezumiem no 50 – 200 mm un λ_{10} variācijām no 0,035 – 0,040 $W/(m \cdot K)$ mainās robežās no 0,0033 – 0,0036 K^{-1} . Aprēķiniem var lietot vidēju vērtību $f_T = 0,0035 K^{-1}$. Jāievēro, ka dotā vērtība standartā [8] tiek garantēta līdz 30°C temperatūrai. Ja eksperimentālu mērījumu nav, tad tuvināti lietojam šo pašu vērtību.

4.4. Kondensāta izdalīšanās

Sendvičpaneļu: tērauda loksne + siltuma izolācija + tērauda loksne + metāla pārklājumi, ūdens tvaiku pretestības gaisa difūzijas ekvivalents tiek uzskatīts par bezgalīgu [4].

Tomēr no siltumtehnikā viedokļa paneļa siltuma izolācijas slānis atrodas kondensāta izdalīšanās riska zonā. Lietojot standarta [5] kondensāta aprēķina metodiku, Latvijas būvnormatīvu [6], kurš tērauda loksnēm aprēķinos atļauj lietot ūdens tvaika pretestības faktoru $\mu = 10^6$ (reāli tas būs lielāks) un būvnormatīva [7] datus, iegūst, ka sendvičpaneļos ar putupolistirola siltuma izolāciju gada laikā uzkrātais kondensāta daudzums ir aptuveni 4 g/m^2 . Tas nozīmē, ka, ņemot, piemēram, paneļa ekspluatācijas laiku 50 gadi, panelī uzkrātais kondensāta daudzums nepārsniegs 200 g/m^2 (reāli tas būs mazāks, ja tērauda loksnēm $\mu \geq 10^6$). Šāds kondensāta daudzums sastāda atkarībā no paneļa biezuma mitruma tilpuma procentus robežās no 0,1% - 0,4% ($0,004 m^3/m^3$) un nevar būtiski izmainīt ne paneļa slodzi, ne siltumvadītspēju. Siltuma caurlaidības koeficienta mitruma labojuma aprēķināšanai mitruma labojuma koeficients $f_{\omega} = 4 m^3/m^3$. Tad siltuma caurlaidības koeficienta mitruma labojumu formulā (4.6) var aprēķināt pēc formulas

$$\Delta U_m = U_{10} \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,016 \cdot U_{10}. \quad (4.8)$$

Apvienojot temperatūras un mitruma ietekmi uz sendvičpaneli ar putupolistirola pildījumu pie noteikta pildījuma sastāva var izveidot tabulu paneļa siltuma caurlaidības koeficienta noteikšanai atkarībā no paneļa vidusdaļas (darba) temperatūras T formula (4.9), kas parādīts 4.4. tab. paneļa pildījumam ar EPS 100





$$T = 0,5 \cdot (T_i + T_e). \quad (4.9)$$

Sedvičpaneļa ar putupolistirola EPS 100 pildījumu siltuma caurlaidības koeficienta vērtības atkarībā no darba temperatūras T, ievērojot mitruma korekciju, W/(m² · K)

4.4. tab.

Biezums d, m	U vērtības sendvičpaneļiem ar putupolistirola EPS 100 pildījumu, W/(m ² · K)							
	T=-10°C	T=0°C	T=10°C	T=20°C	T=30°C	T=40°C	T=50°C	T=60°C
0.05	0.63	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.77	0.79
0.08	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51
0.10	0.33	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.40	0.41
0.12	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35
0.15	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28
0.20	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.21

4.4. Tabulas iekrāsojums atbilst tabulas 4.1. prasībām (temperatūras faktors k=1).

	0,5 W/(m ² · K) < neatbilst normām		0,45 – 0,50 W/(m ² · K) – rūpniecības ēkas
	0,35 – 0,40 W/(m ² · K) – publiskās ēkas		0,25 – 0,30 W/(m ² · K) > dzīvojamās ēkas

4.5. Stiprinājuma skrūvju ietekme

Paneļu stiprinājumu skrūves (tērauds $\lambda=50$ W/(m · K); diametrs 6,3 mm) dod papildus pieaugumu paneļa siltuma caurlaidības koeficientam, kas ir atkarīgs no paneļa laukuma un skrūvju skaita. Tabulā 4.5. ir doti paneļa siltuma caurlaidības koeficientu pieaugumi, kas ir rēķināti vienai skrūvei uz 1 m² atkarībā no skrūvju garuma.

Koeficienta U labojumi vienai stiprinājuma skrūvei uz 1 m²

4.5. tab.

Garumi, m	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2
ΔU_s , W/(m ² · K)	0.031	0.019	0.016	0.013	0.010	0.008

Tad skrūvju radīto kopējo paneļa siltuma caurlaidības koeficienta pieaugumu (labojumu) var aprēķināt pēc formulas

$$\Delta U_{ks} = \frac{N}{A} \Delta U_s, \quad (4.10)$$

kur N – skrūvju skaits panelī;

A – paneļa laukums, m²;

ΔU_s – vienas skrūves siltuma caurlaidības koeficienta labojums (4.5.tab.), W/(m² · K).

Ievērojot labojumus, siltuma caurlaidības koeficientu sendvičpanelim var aprēķināt pēc formulas

$$U = U_{10} + \Delta U_T + \Delta U_m + \Delta U_{ks} \quad (4.11)$$

kur U_{10} – paneļa siltuma caurlaidības koeficients pie 10°C, kuru atrod pēc tab. 4.2.

$\Delta U_T, \Delta U_m$ – siltuma caurlaidības koeficienta temperatūras un mitruma labojums;

ΔU_{ks} – siltuma caurlaidības koeficienta skrūvju labojums (4.10), $W/(m^2 \cdot K)$.

Aprēķina piemērs:

Paneļa garums 6 m; platums 1,2 m; biezums 100 mm; darba temperatūra $T=40^\circ\text{C}$. Siltumizolācijas marka Tenapors EPS 100. Panelis ir piestiprināts ar astoņām skrūvēm ($U_{10} = 0,347 W/(m^2 \cdot K)$, saskaņā ar tab. 4.3.).

Pēc formulas (4.6) paskaidrojuma teksta

$$\Delta U_T = U_{10} \cdot f_t (T - T_{10}) = 0,347 \cdot 0,0035 \cdot (40 - 10) = 0,036 W/(m^2 \cdot K) \quad (4.12)$$

aprēķinam siltuma caurlaidības koeficienta temperatūras labojumu. Pēc formulas (4.8) atrodam mitruma labojumu

$$\Delta U_m = U_{10} \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,347 \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,006 W/(m^2 \cdot K) \quad (4.13)$$

Siltuma caurlaidības koeficienta labojumu skrūvēm atrodam pēc formulas (4.10.), aprēķinam, izmantojot tabulas 4.5. datus

$$\Delta U_{ks} = \frac{8}{1,2 \cdot 6} \cdot 0,016 = 0,0178 W/(m^2 \cdot K) \quad (4.14)$$

Tad paneļa siltuma caurlaidības koeficients, izmantojot tabulu 4.3. saskaņā ar formulu (4.10), ir aprēķināms sekojoši:

$$U = 0,347 + 0,036 + 0,006 + 0,0178 \approx 0,41 W/(m^2 \cdot K)$$

Analogu rezultātu iegūsim, ja pie 4.4. tab. dotās vērtības 0,39 $W/(m^2 \cdot K)$ ($d=0,1$ m; $T=40^\circ\text{C}$) pieskaitīsim labojumu skrūvēm

$$U = 0,39 + 0,0178 \approx 0,41 W/(m^2 \cdot K)$$

4.6. Sendvičpaneļu ar putupolistirola vai minerālvates pildījumu siltuma caurlaidības vērtības

Apvienojot augstāk parādītos aprēķinus, tabulās 4.6. – 4.12. ir dotas sendvičpaneļu 1,2 × 6 m ar putupolistirola pildījumu siltuma caurlaidības vērtības atkarībā no pildījuma markas un paneļa darba temperatūras, ievērojot korekciju sešām stiprinājuma skrūvēm.

Tab. 4.13. analoga sendvičpaneļa pildījums ir minerālvate. Minerālvates ražotāja deklarētā siltumvadītspēja $\lambda_{10} = 0,038 W/(m \cdot K)$. Temperatūras labojumam $f_T=0,0058 K^{-1}$. Mitruma labojums vienāds ar labojumu paneļiem ar putupolistirola pildījumu [8].

Gadījumos, ja paneļu:

- stiprinājuma skrūvju skaits nav vienāds ar 6,
- izmēri nav 1,2 × 6 m,

ir nepieciešams veikt atbilstošu paneļa siltuma caurlaidības koeficienta skrūvju labojuma pārrēķinu. To var izdarīt, atņemot no tab. 4.6. – 4.13. dotajām siltuma caurlaidības koeficientu vērtībām skrūvju labojumu sešām skrūvēm uz 7,2 m² laukumu un pieskaitot konkrēto skrūvju labojumu.

Aprēķina piemērs:

Paneļa garums 2 m; platums 1,2 m; biezums 100 mm; darba temperatūra $T=40^{\circ}\text{C}$. Siltumizolācija minerālva-
te. Panelis ir piestiprināts ar četrām skrūvēm.

Pēc formulas (4.10) atrodam sešu skrūvju uz $7,2\text{ m}^2$ laukumu labojuma koeficientu, kas ir jau parādīts (4.13),
 $U_{ks6} = 0,0178\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tālāk pēc formulas (4.10), ievērojot 4.5. tab. datus, atrodam attiecīgo četru skrūvju
labojumu

$$\Delta U_{ks4} = \frac{4}{2 \cdot 1,2} \cdot 0,016 = 0,027\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

No tab. 4.13. (siltumizolācija – minerālvaite; biezums 100 mm; darba temperatūra 40°C) atrodam
 $U = 0,48\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tad galīgais aprēķins ir sekojošs

$$U = 0,48 - 0,0178 + 0,027 \approx 0,49\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Tabulu 4.6. – 4.13. iekrāsojums atbilst 1. tab. prasībām (temperatūras faktors $k=1$).

	$0,5\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) <$ neatbilst normām	
	$0,45 - 0,50\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – rūpniecības ēkas	$U_{RN} - U_{RM}$
	$0,35 - 0,40\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – publiskās ēkas	U_{RN} – normatīvā vērtība;
	$0,25 - 0,30\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) >$ dzīvojamās ēkas	U_{RM} – maksimālā vērtība.

4.6. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras -10°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.70	0.65	0.62	0.61
80	0.45	0.42	0.41	0.40
100	0.36	0.34	0.33	0.32
120	0.31	0.29	0.28	0.27
150	0.25	0.23	0.22	0.22
200	0.19	0.18	0.17	0.17

4.7. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 0°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.73	0.68	0.65	0.63
80	0.47	0.44	0.42	0.41
100	0.38	0.35	0.34	0.33
120	0.32	0.30	0.29	0.28
150	0.26	0.24	0.23	0.23
200	0.19	0.18	0.18	0.17

4.8. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 10°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.75	0.70	0.67	0.65
80	0.49	0.45	0.43	0.42
100	0.39	0.37	0.35	0.34
120	0.33	0.31	0.30	0.29
150	0.26	0.25	0.24	0.23
200	0.20	0.19	0.18	0.18

4.9. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 20°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.78	0.72	0.69	0.68
80	0.50	0.47	0.45	0.44
100	0.40	0.38	0.36	0.36
120	0.34	0.32	0.31	0.30
150	0.27	0.26	0.25	0.24
200	0.21	0.19	0.19	0.18

4.10. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 30°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.80	0.74	0.71	0.70
80	0.52	0.48	0.46	0.45
100	0.41	0.39	0.38	0.37
120	0.35	0.33	0.32	0.31
150	0.28	0.27	0.26	0.25
200	0.21	0.20	0.19	0.19

4.11. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 40°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.83	0.77	0.73	0.72
80	0.53	0.50	0.48	0.47
100	0.43	0.40	0.39	0.38
120	0.36	0.34	0.33	0.32
150	0.29	0.27	0.26	0.26
200	0.22	0.21	0.20	0.19

4.12. tab.

U, W/(m ² · K) pie darba temperatūras 50°C				
Biezums d, mm	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.85	0.79	0.76	0.74
80	0.55	0.51	0.49	0.48
100	0.44	0.41	0.40	0.39
120	0.37	0.35	0.34	0.33
150	0.30	0.28	0.27	0.26
200	0.23	0.21	0.21	0.20

Sendvičpaneļa ar minerālvates pildījumu siltuma caurlaidības koeficienta atkarība no paneļa darba temperatūras

4.13. tab.

Paneļa biezums d, mm	U, W/(m ² · K) atkarībā no darba temperatūras						
	Paneļa darba temperatūra, °C						
	-10	0	10	20	30	40	50
50	0.64	0.68	0.71	0.75	0.78	0.82	0.86
80	0.42	0.44	0.46	0.49	0.51	0.54	0.57
100	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46
120	0.28	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
150	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.32
200	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.24

* Ja siltumizolācijas materiāla siltumvadītspēja ir atkarīga no temperatūras saskaņā ar formulu (4.5a), tad siltuma caurlaidības koeficienta

noteikšanai ir jārisina vienādojums $\frac{\partial}{\partial x} \left(e^{fr(T-T_{10})} \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0$, un jālieto robežnosacījumi $-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{1}{R_i} (T_i - T \Big|_{x=0})$ un $-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=d} = \frac{1}{R_e} (T \Big|_{x=d} - T_e)$. Problēmas atrisinājums izsakās ar transcendentiem vienādojumiem, kurus var atrisināt tikai skaitliski.

Aprēķini parāda, ka šādi iegūtās siltuma caurlaidības koeficienta vērtības noapaļošanas robežās $\pm 0,01 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ neatšķiras no 4.4. tab. datiem.

LITERATŪRA

1. Standarts LVS EN ISO 6946:2000. Ēku daļas un elementi. Termiskā pretestība un siltuma caurlaidība. Aprēķina metode.
2. Standarts EN 13163. Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) – Spezifikation.
3. Technische Information. Styropor. TI 0 – 150 d. 47529 Mai 1992.
4. Standarts prEN 14509. Selbsttragende Sandwich-Dämmelemente mit beidseitiger Metalldeckschicht – Vorgefertigte Produkte – Festlegungen. Juli 2002.
5. Standarts: LVS EN ISO 13788. Hygrothermal performance of buildings components and building elements – Estimation of internal surface temperature to avoid critical surface humidity and assessment of the risk of interstitial condensation.
6. Latvijas būvnormatīvs LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika". Apstiprināts ar Ministru kabineta 2001. g. 27. novembra noteikumiem NR 495.
7. Latvijas būvnormatīvs LBN 003-01 "Būvklimateoloģija". Apstiprināts ar Ministru kabineta 2001. g. 23. augusta noteikumiem NR 376.
8. Standarts: LVS EN ISO 10456. Būvmateriāli un to izstrādājumi. Deklarēto un projektēto termisko lielumu noteikšanas procedūras.

5. Būvakustika

5.1. Vispārējs apraksts

Troksnis ir faktors, kas nelabvēlīgi iedarbojas uz cilvēku, pazemina tā darbaspējas, pat kaitē veselībai. Tāpēc viens no būvniecības akustikas uzdevumiem ir ne tikai dažādu sabiedrisku koncertzāļu, teātru akustikas izprojektēšana, bet arī cilvēku aizsardzība no ikdienas trokšņiem arī cita veida ēkās.

Eiropas attīstītajās valstīs pastāv nacionāli standarti, kuru normas nodrošina cilvēku aizsardzību pret noteiktu troksni. Latvijā šāds nacionālais standarts pašlaik tiek veidots. Tālākā perspektīvā Eiropas Savienībā tiks izveidoti vairāk vai mazāk vienoti būvakustikas standarti.

Trokšņu veidi ēkās ir iedalāmi pēc to rašanās un izplatīšanās veida:

1. Ja troksnis ēkā ir veidojies kādā telpā un izplatās pa gaisu caur sienu uz blakus telpu, tad šādas skaņas izplatīšanās izolāciju apraksta ar „skaņas gaisā izolācijas indeksu $R'w$ (mēra dB decibelos).” Tas ir skaitlis, ar kuru novērtē ēkas iekšējo norobežojošo konstrukciju skaņas izolāciju, ievērojot gan skaņas izplatīšanos caur norobežojošo konstrukciju, gan arī caur tai blakus esošām konstrukcijām – blakusceļiem. Laboratorijas apstākļos, izslēdzot blakusceļus, ēkas iekšējās norobežojošās konstrukcijas skaņas izolāciju raksturo ar „skaņas gaisā izolācijas indeksu R_w (dB)”.
2. Ja troksnis veidojas triecienu rezultātā kādiem ķermeņiem saduroties ar ēkas norobežojošām konstrukcijām, (triecintroksnis), tad šāda trokšņa izolāciju raksturo ar „reducēto triecintrokšņa līmeņa indeksu $L'_{n,w}$ (dB)”. Šis lielums raksturo triecintrokšņa izolāciju reālos apstākļos, ietverot arī skaņas izplatīšanos pa blakusceļiem. Laboratorijas apstākļos, izslēdzot blakusceļus, iegūst „reducēto triecintrokšņa līmeņa indeksu $L_{n,w}$ (dB).”
3. Ja troksnis ēkā iekļūst no ārpuses caur ēkas ārējām norobežojošām konstrukcijām, tad to raksturo ar „skaņas gaisā izolācijas indeksu $R'_{fr,s,w}$ (dB)”, kas novērtē izolāciju starp telpu un ārējo teritoriju.

Minētie norobežojošo konstrukciju raksturojošie lielumi ir būtiski atkarīgi no frekvences, un šīs atkarības var izmērīt eksperimentāli gan konkrētā ēkā, gan laboratorijas apstākļos (1. un 2. gadījumā).