

Detail nadpraží okna

Zpracovatel: Energy Consulting, o.s.
 Alešova 21, 370 01 České Budějovice
 386 351 778; 777 196 154
roman@e-c.cz

Autor: Ing. Roman Šubrt a kolektiv

datum: leden 2007

Lineární činitelé prostupu tepla ψ_k a nejnižší povrchové teploty v interiéru θ_{si} – Nadpraží okna ve zdivu HELUZ

Detail nadpraží okna										
Parametr		Druh zdiva								
		38 P+D	40 P+D	44 P+D	49 P+D	36,5 STI	38 STI	40 STI	44 STI	49 STI
teplota měřena v místě styku rámu okna se zdivem v interiéru	Vnitřní minimální povrchová teplota [$^{\circ}\text{C}$]	15,23	15,42	15,67	15,51	15,59	15,34	15,53	15,77	15,63
	Teplotní faktor f_{Rsi} [-]	0,8482	0,8532	0,8597	0,8555	0,8576	0,8511	0,8561	0,8624	0,8587
Lineární činitel prostupu tepla z exteriéru ψ_e [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]		0,114	0,105	0,095	0,114	0,093	0,127	0,117	0,106	0,123
Lineární činitel prostupu tepla z interiéru ψ_i [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]		0,114	0,105	0,095	0,114	0,093	0,127	0,117	0,106	0,123

Použité hodnoty přestupu tepla pro jednotlivé části konstrukcí

Typ přestupu tepla	Hodnota přestupu tepla [m ² .K.W ⁻¹]
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na okenní konstrukci $R_{si} =$	0,13
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru $R_{se} =$	0,04
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet tepelných mostů vodorovně $R_{si} =$	0,13
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet tepelných mostů svisle dolů $R_{si} =$	0,17
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet tepelných mostů svisle nahoru $R_{si} =$	0,10
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet povrchových tepot v horní polovině místnosti $R_{si} =$	0,25
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet povrchových tepot v dolní polovině místnosti $R_{si} =$	0,35
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci pro výpočet povrchových tepot ve velmi nepříznivé části místnosti $R_{si} =$	0,5
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru na neprůsvitné konstrukci v suterénních a nevytápěných místnostech $R_{si} =$	0,13

Použité hodnoty okrajových podmínek

Okrajová podmínka	Hodnota
Venkovní teplota θ_e	-17,0 °C
Teplota vnitřního vzduchu θ_{ai}	+21,0 °C
Relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He}	84,0 %
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi}	55,0 %
Teplota 2 m pod terénem	+10 °C
Teplota v suterénních místnostech	+10 °C
Teplota v půdním prostoru	-17,0 °C
Teplota v nevytápěné místnosti (detail 21, spodní místnost)	0 °C

Pro zdivo Heluz byl uvažován výrobní závod Hevlín (uvažováno s tepelnou vodivostí $\lambda = 0,135 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ pro tvarovky P+D a $\lambda = 0,105 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ pro tvarovky STI), zdivo Heluz je uvažováno jako zděné na maltu Cemix Superthetm TM 34.

Skladba zdiva byla uvažována následující: (z interiéru)

- Cemix vnitřní štuk jemný ($\lambda = 0,67 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 30$) tl. 2 mm
- Cemix jádrová omítka ($\lambda = 0,37 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 20$) tl. 10 mm
- posuzované zdivo Heluz (P+D nebo STI, různé tloušťky)
- Cemix cementový postřík ($\lambda = 0,83 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 30$) tl. 2 mm
- Cemix Supertherm TO jádrová omítka ($\lambda = 0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 15$) tl. 30 mm
- Cemix vnější štuk ($\lambda = 0,67 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 30$) tl. 5 mm
- Cemix minerální rýhovaná omítka ($\lambda = 0,57 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\mu = 20$) tl. 1 mm.

Použité součinitele tepelné vodivosti

Název materiálu	Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Beton	1,30
Železobeton	1,58
Zdivo HELUZ P+D	0,135
Zdivo HELUZ STI	0,105
Dřevo, tep. tok kolmo k vláknům	0,18
Cemix minerální rýhovaná omítka	0,57
Cemix vnější štuk	0,67
Cemix Supertherm TO jádrová omítka	0,13
Cemix jádrová omítka	0,37
Cemix cementový postřík	0,83
Pěnový polystyrén	0,04
Vápenocementová malta	0,97
Minerální vlna ve střešní konstrukci	0,05
Minerální vlna	0,04
Nášlapná vrstva podlahy	1,30
Zdicí malta	0,20
Nosný překlad JISTROP	1,58
Přizdívka	0,86
Pěnový polyuretan	0,03
Sádrokarton	0,22
Cemix vnitřní štuk jemný	0,67
Věncovka	0,86
Extrudovaný polystyrén	0,034
Zásyp zeminou	1,20
Zemina	1,60
Hydroizolace, parotěsná fólie, folie	0,16

Komentář k výpočtu:

Tepelné toky jsou řešeny jako stacionární teplotní pole podle příslušných norem programem QuickField.

Pro výpočet byly použity součinitele přestupu tepla podle místa řešeného detailu, směru přestupu tepla i podle toho, zda byla počítána minimální povrchová teplota či lineární činitel prostupu tepla. Od normy jsme se záměrně odchýlili při výpočtu detailů u terénu, neboť postupy uvedené v normách vedou k přibližným výsledkům, což je již dáno metodou výpočtu (např. podle umístění tepelné izolace se používá normou daná přírážka). Zde jsme volili vlastní model, který je dle našeho soudu bližší realitě, totiž určení Dirichletovy okrajové podmínky pro terén v hloubce 2 m pod povrchem, kde jsme volili teplotu +10 °C. Tato volba není náhodná. Máme k dispozici dlouhodobé měření teplot pod terénem, kde jsme zjistili, že teplota v hlubších vrstvách je konstantní a nemá na ni vliv kolísání exteriérových teplot. V nižších hloubkách se pohybuje okolo 10 až 11 °C. Hloubku 2 m pod terénem jsme volili proto, že podle staré zkušenosti je v hloubce 1 m pod terénem celoročně teplota nad 0 °C, což právě odpovídá námi zvolené hloubce a teplotě. V této souvislosti je nutné upozornit, že veškeré výpočty byly prováděny jako dvourozměrné stacionární vedení tepla, při dynamických výpočtech bychom pravděpodobně dospěli k jiným výsledkům.

Při výpočtech jsme se dopustili i dalších zjednodušení, která však na výsledky výpočtů mají malý vliv. Jako poměrně zásadní je použití tepelné vodivosti minerální vlny ve střešní konstrukci v hodnotě $\lambda = 0,05 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ proti obvyklé hodnotě $\lambda = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Tímto zvýšením tepelné vodivosti jsme do výpočtu zahrnuli vliv systémových tepelných mostů krokvemi a dřevěným roštem, pro přesnější vyčíslení by bylo nutné celý detail počítat jako trojrozměrné vedení tepla, což by výpočet výrazně zkomplikovalo, přitom by se výsledné hodnoty nijak výrazně od námi vypočítaných nelišily.

Velikost detailů byla volena tak, aby v konstrukci v místě ukončení počítaného detailu nedocházelo k dvojrozměrnému vedení tepla, tedy aby zde platila Neumannova podmínka a tepelný tok zde byl ve směru kolmém na konstrukci roven 0.

V ostatních místech byly voleny Newtonovy okrajové podmínky, přičemž součinitel přestupu tepla vyplývá z tepelných odporů při přestupu tepla uvedených v tabulce 10 a teploty vyplývají z hodnot uvedených v tabulce 11.

Detaily jsou schématicky nakresleny v Autocadu a v PDF souboru. U každého jsou uvedeny proměnlivé rozměry pro různé tloušťky zdiva. Z tepelných toků pak je vyjádřen lineární činitel prostupu tepla ψ . Protože tento činitel prostupu tepla může být používán pro různé výpočty, vyjádřili jsme jej jak ve vztahu k exteriéru, tak i ve vztahu k interiéru. Pro jeho použití při výpočtu z exteriéru je nutné brát jako rozměry konstrukce vnější rozměry až po tepelnou izolaci. Pro lineární činitel prostupu tepla ψ z interiéru je naopak nutné ve výpočtu využívat vnitřní rozměry konstrukcí. I z těchto důvodů se lineární činitel prostupu tepla z exteriéru nerovná součtu lineárních činitelů prostupu tepla z interiéru. Protože v mnoha detailech jsou dvě místnosti, uvádíme v interiéru příslušný počet lineárních činitelů prostupu tepla ψ a označujeme je jako horní (H) a dolní (D). Pro vysvětlení je nutné uvést, že lineární činitel prostupu tepla má rozměry $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, nejedná se však o žádnou fyzikální veličinu, jedná se pouze o činitele, s jehož pomocí se zohledňuje dvourozměrné vedení tepla v detailech, jde o smluvní vyjádření přírážky zohledňující vliv dvourozměrného vedení tepla.

Povrchová teplota v interiéru je vyjádřena jako teplotní faktor f_{Rsi} (bezrozměrné číslo) ze vztahu $f_{Rsi} = 1 - (\theta_{ai} - \theta_{si}) / (\theta_{ai} - \theta_e)$. Následně pak lze spočítat povrchovou teplotu pro libovolnou teplotu interiéru a exteriéru dosazením hodnot do následující rovnice: $\theta_{si} = \theta_{ai} - (1 - f_{Rsi}) * (\theta_{ai} - \theta_e)$

použité značky

f_{Rsi}	teplotní faktor [-]
i_{LV}	součinitel spárové průvzdušnosti [$m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$]
n_{50}	intenzita výměny vzduchu v místnosti [h^{-1}]
p_d	částečný tlak vodní páry [Pa]
G_k	množství zkondenzované vodní páry v konstrukci [$kg \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$]
R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
R_{si}	tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
U	součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
ΔU	přirážka součinitele prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
θ_{si}	vnitřní povrchová teplota [°C]
θ_{ai}	vnitřní teplota vzduchu [°C]
θ_e	vnější teplota vzduchu [°C]
$\Delta\theta_{10}$	pokles dotykové teploty podlahy za 10 minut [°C]
λ	tepelná vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
μ	difuzní faktor [-]
φ	relativní vlhkost vzduchu [%]
χ	bodový činitel prostupu tepla [$W \cdot K^{-1}$]
ψ	lineární činitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
ψ_e	lineární činitel prostupu tepla z exteriéru [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
ψ_{iH}	lineární činitel prostupu tepla z interiéru pro horní místnost (část detailu) [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
ψ_{iD}	lineární činitel prostupu tepla z interiéru pro dolní místnost (část detailu) [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]