

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT Praha

Původní text ze skript „Stavební fyzika 31“ z roku 2004. Částečně aktualizováno v roce 2014 především s ohledem na změny v normách.

Stavebně energetické vlastnosti budov v zimním období se hodnotí s pomocí průměrného součinitele prostupu tepla.

1.1. Požadavky

Požadavky na **průměrný součinitel prostupu tepla** jsou uvedeny v ČSN 730540-2 v čl. 5.3. Vyjadřují vliv samotného stavebního řešení na potřebu energie na vytápění – nezohledňují tedy žádné nejisté faktory, jako je chování uživatelů či vliv klimatických podmínek. Hodnocená budova (nebo její ucelená část - zóna) musí mít podle citovaného článku průměrný součinitel prostupu tepla takový, aby splňoval podmínku

$$U_{em} \leq U_{em,N}, \quad [W/(m^2.K)] \quad (1)$$

kde U_{em} je průměrný součinitel prostupu tepla budovy nebo dílčí vytápěné zóny ve $W/(m^2.K)$ a $U_{em,N}$ je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy nebo dílčí vytápěné zóny ve $W/(m^2.K)$.

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanovuje pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou¹ **od 18 do 22 °C** ze vztahu

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02, \quad [W/(m^2.K)] \quad (2)$$

kde $U_{N,j}$ je požadovaný součinitel prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce na obálce budovy či její zóny ve $W/(m^2.K)$, A_j je plocha j-té teplosměnné konstrukce v m^2 a b_j je činitel teplotní redukce j-té teplosměnné konstrukce (viz dále kap. 1.2).

Velmi důležité je, že při použití vztahu (2) platí následující pravidla, která je nutné dodržet, aby byl požadavek stanoven správně:

- hodnota $U_{em,N}$ vypočtená ze vztahu (2) nesmí překročit následující limity:

- pro nové obytné budovy hodnotu

$$U_{em,N} = 0,5 \quad [W/(m^2.K)] \quad (3)$$

- pro ostatní budovy hodnotu vyjádřenou vztahem

$$U_{em,N} = 0,30 + \frac{0,15}{A/V}, \quad [W/(m^2.K)] \quad (4)$$

kde A je celková plocha konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy (či její zóny) v m^2 a V je vytápěný objem budovy (či její zóny) v m^3 . Obě veličiny se stanovují z vnějších rozměrů. Pro poměr $A/V \leq 0,2$ se uvažuje $U_{em,N} = 1,05 W/(m^2.K)$, pro poměr $A/V > 1,0$ pak $U_{em,N} = 0,45 W/(m^2.K)$.

- pro výplně otvorů se neuplatní dříve používané zvýšení činitele b o 15 %
- pokud součet průsvitných ploch tvoří více než 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy (nepřůsvitných i průsvitných, přilehlých k venkovnímu prostředí), započte se na

¹ Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} odpovídá návrhové vnitřní teplotě θ_i většiny prostorů v budově nebo zóně budovy.

50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy odpovídající požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,j}$ výplň otvorů a ve zbytku se uvažuje požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,j}$ neprůsvitného obvodového pláště

- pro budovu s lehkým obvodovým pláštěm se při stanovení $U_{em,N}$ použije pro neprůsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěny a pro průsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů (okna) ve vnější stěně.

Pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou **mimo interval 18 až 22 °C** se používá pro stanovení požadované hodnoty $U_{em,N}$ vztah

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot \frac{16}{\theta_{im} - 4}, \quad [W/(m^2.K)] \quad (5)$$

kde $U_{em,N,20}$ je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy či její zóny podle vztahů (2) až (4) ve $W/(m^2.K)$ a θ_{im} je převažující návrhová vnitřní teplota v budově či její zóně ve °C.

Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla budovy se stanoví ze vztahu

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}, \quad [W/(m^2.K)] \quad (6)$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy či její zóny podle vztahů (2) až (5) ve $W/(m^2.K)$.

A závěrem ještě několik důležitých poznámek. V případě změn staveb se povinnost splnění požadavku (1) vztahuje pouze na nově vzniklé ucelené části budovy, které je možné považovat za samostatné zóny budovy v souladu s ČSN EN ISO 52016-1. U budov s trvalými vnitřními zdroji technologického tepla, jejichž část prokazatelně a trvale využitelná pro vytápění je vyšší než $25 W/m^3$ je možné odpovídající požadovanou hodnotu $U_{em,N}$ zvýšit o 25 %. A konečně: pokud při stavebních úpravách, udržovacích pracích, změnách v užívání budov a jiných změnách dokončených budov není splnění požadavku (1) technicky nebo ekonomicky proveditelné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely, pak lze překročit požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, ale nejvýše tak, aby prokazatelně nedocházelo k poruchám a vadám při užívání.

1.2. Postup výpočtu

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy nebo její ucelené části se stanoví podle ČSN 730540-4 ze vztahu

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}, \quad [W/(m^2.K)] \quad (7)$$

kde A je celková plocha konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy nebo její části v m^2 a H_T je měrný tepelný tok prostupem tepla budovy nebo její části ve W/K .

Měrný tepelný tok prostupem tepla H_T lze stanovit v různé úrovni přesnosti např. podle ČSN EN 12831, ČSN EN ISO 13789 nebo podle ČSN 730540-4. Pro základní výpočty se používá zjednodušený vztah

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tbn}, \quad [W/K] \quad (8)$$

zatímco pro přesnější analýzy je vhodnější vztah

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + \sum l_i \cdot \psi_i \cdot b_i + \sum \chi_i \cdot b_i, \quad [W/K] \quad (9)$$

kde A_i je plocha i-té konstrukce ohraničující vytápěný prostor v m^2 , U_i je součinitel prostupu tepla i-té konstrukce ve $W/(m^2.K)$, l_i je délka i-té tepelné vazby na hranici budovy v m, ψ_i je lineární činitel prostupu tepla i-té tepelné vazby na hranici budovy ve $W/(m.K)$, χ_i je bodový činitel prostupu tepla i-té tepelné vazby ve W/K (obvykle se zanedbává), b_i je činitel teplotní redukce pro i-tou konstrukci nebo tepelnou vazbu stanovený podle vztahů (11) až (13), A je celková plocha konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy nebo její části v m^2 a ΔU_{tbn} je průměrný vliv tepelných vazeb na hranici budovy či její části ve $W/(m^2.K)$.

Hodnota ΔU_{tbm} se obvykle odhaduje na základě kvality navržených detailů. Standardně se uvažuje $\Delta U_{tbm} = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Pro objekty s důsledně optimalizovanými tepelnými mosty se může podle ČSN 730540-4 hodnota ΔU_{tbm} snížit až na $0,02 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$, zatímco naopak pro budovy se zanedbaným řešením tepelných mostů může snadno překročit i hranici $0,2 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Jsou-li známy parametry tepelných vazeb, lze průměrný vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm} stanovit i přesněji ze vztahu

$$\Delta U_{tbm} = \frac{\sum l_i \cdot \psi_i \cdot b_i + \sum \chi_i \cdot b_i}{A} \quad [\text{W/(m}^2\text{.K)}] \quad (10)$$

Činitel teplotní redukce b se stanoví buď orientačně z tabulkových hodnot v ČSN 730540-3, nebo přesněji v závislosti na typu konstrukce a na působících okrajových podmínkách. Používají se vztahy:

- pro konstrukce ve styku s vnějším vzduchem

$$b = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{im} - \theta_e} \quad [-] \quad (11)$$

kde θ_i je návrhová vnitřní teplota působící na danou konstrukci ve °C, θ_e je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období ve °C a θ_{im} je převažující návrhová vnitřní teplota ve °C. Pro nejběžnější případ, kdy $\theta_i = \theta_{im}$, vychází $b = 1,0$.

- pro konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem

$$b = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_{im} - \theta_e} \text{ nebo přesněji } b = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{im} - \theta_e} \cdot \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad [-] \quad (12)$$

kde θ_u je návrhová vnitřní teplota v přilehlém nevytápěném prostoru ve °C (orientační hodnoty uvádí ČSN 730540-3), H_{ue} je celková měrná tepelná ztráta (prostupem i větráním) z nevytápěného prostoru do exteriéru ve W/K a H_{iu} je celková měrná tepelná ztráta z interiéru do nevytápěného prostoru ve W/K. Hodnoty H_{ue} a H_{iu} lze stanovit podle ČSN EN ISO 13789.

- pro konstrukce ve styku se zemínou

$$b = \frac{\theta_i - \theta_g}{\theta_{im} - \theta_e} \text{ nebo přesněji } b = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{im} - \theta_e} \cdot \frac{H_g}{\sum A_i \cdot U_i} \quad [-] \quad (13)$$

kde θ_g je návrhová teplota v přilehlé zemině ve °C (orientační hodnoty uvádí ČSN 730540-3), H_g je měrná tepelná ztráta konstrukcemi v kontaktu se zemínou ve W/K stanovená podle ČSN EN ISO 13370, A_i je plocha i-té konstrukce přilehlé k zemině v m² a U_i je její součinitel prostupu ve W/(m².K) stanovený bez vlivu zeminy.

- pro výplně otvorů se od roku 2011 již činitele teplotní redukce nezvyšují o 15 %, jako tomu bývalo dříve.

Postup výpočtu měrného tepelného toku prostupem H_T podle vztahu (9) odpovídá v principu postupu podle ČSN EN ISO 13789. Jediným rozdílem jsou činitele teplotní redukce, které ČSN EN ISO 13789 nepoužívá. Pro nejběžnější případ s $\theta_i = \theta_{im}$ je zde popsána podrobnější metodika ČSN 730540-4 zcela shodná s metodikou ČSN EN ISO 13789.