

Ing. Pavel KOPECKÝ, Ph.D.
Ing. Kateřina SOJKOVÁ, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Univerzitní centrum energeticky
efektivních budov

Agregované tepelné charakteristiky budov

Část 3: Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla

Aggregated Thermal Characteristics of Buildings

Part 3: Transmission Thermal Characteristic of the Whole Building

Recenzent
prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Článek se zabývá tepelnou charakteristikou budovy prostupem tepla. Jedná se o agregovanou tepelnou charakteristiku celé budovy, která vztahuje tepelnou ztrátu prostupem tepla obálkou budovy na jeden metr krychlový objemu budovy a jednotkový teplotní rozdíl. Hodnota tepelné charakteristiky je ovlivněna jak tepelněizolační úrovní obálky budovy (průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy), tak kompaktností tvaru budovy (objemový faktor tvaru budovy). Je to tedy komplexnější vyjádření tepelněizolační kvality celé budovy, než je samotný průměrný součinitel prostupu tepla obálky. V příspěvku se odvozuje parametrické vyjádření tepelné charakteristiky prostupem tepla pro budovy běžných geometrických tvarů. Na příkladech je ilustrována citlivost tepelné charakteristiky na změnu geometrických parametrů, historický vývoj a dnes dosažitelné hodnoty tepelné charakteristiky. V navazující diskuzní části je logicky zdůvodněno, proč lze dnes zavedené hodnocení tepelněizolační kvality obálky budovy pouze podle součinitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních prvků a průměrného součinitele prostupu obálky budovy považovat za zcela vyhovující svému účelu.

Klíčová slova: potřeba tepla na vytápění, součinitel prostupu tepla, tepelná charakteristika budovy prostupem tepla

The article deals with the transmission thermal characteristic of the whole building. The transmission thermal characteristic of the whole building relates transmission heat loss through the building enclosure to one cubic meter of building volume and the unit temperature difference. The value of the thermal characteristic is influenced both by the thermal insulation level of the building enclosure (mean thermal transmittance of the building enclosure) and by the compactness of the building shape (shape factor). The transmission thermal characteristic is therefore a more complex expression of the thermal insulation quality of the whole building than only the mean thermal transmittance of the building enclosure. Parametric expression of the transmission thermal characteristic of the whole building is derived for buildings of common geometric shapes. Examples illustrate the sensitivity of the thermal characteristic to the change in geometrical parameters, its historical development and values of the transmission thermal characteristic achievable nowadays. The following discussion logically justifies why the currently established assessment of building enclosure thermal insulation quality only according to the thermal transmittances of individual building components and mean thermal transmittance of building enclosure can be considered as entirely satisfactory for its purpose.

Keywords: heating needs, thermal transmittance, transmission thermal characteristic of the whole building

ÚVOD

Článek navazuje na příspěvky [1], [2]. V příspěvku [1] bylo odvozeno, že jedním z parametrů celé budovy, které významně ovlivňují výslednou měrnou potřebu tepla na vytápění či chlazení, je poměr měrného tepelného toku H [W/K] a objemu budovy V [m³]:

$$\frac{H}{V} = \frac{H_T + H_V}{V} \quad [\text{W}/(\text{m}^3\text{K})] \quad (1)$$

kde je:

- H_T měrný tepelný tok prostupem [W/K],
- H_V měrný tepelný tok větráním [W/K],
- V objem, který vytváří teplosměnná obálka budovy [m³].

Poměr H/V je celkový tepelný tok z interiéru do exteriéru při teplotním rozdílu jeden Kelvin vztažený na jeden metr krychlový objemu budovy. Jedná se o charakteristiku, která není ve stavební tepelné technice zcela nová. Veličina již v minulosti byla používána (viz [3]) a byla nazývána tepelná charakteristika budovy prostupem tepla (H_T/V) a větráním (H_V/V). Totožné pojmenování se používá i v tomto příspěvku.

Tepelnou charakteristiku budovy prostupem tepla lze zapsat jako:

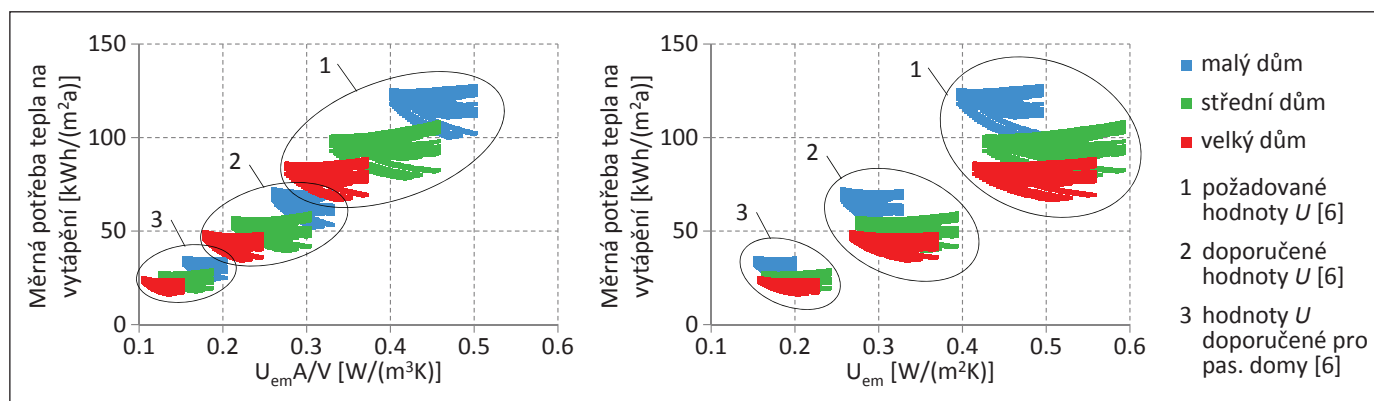
$$\frac{H_T}{V} = U_{em} \frac{A}{V} \quad [\text{W}/(\text{m}^3\text{K})] \quad (2)$$

kde je:

- U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy [W/(m²K)],
- A/V objemový faktor tvaru [m²/m³].

Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla ve své hodnotě zahrnuje jak tepelněizolační úroveň obálky budovy (průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy), tak kompaktnost objemu budovy (objemový faktor tvaru budovy).

Obr. 1 ukazuje různé varianty modelového rodinného domu z článku [4]. Měrná potřeba tepla na vytápění je zde roztržena buď podle tepelné charakteristiky prostupem tepla (obr. 1 vlevo), nebo podle průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy (obr. 1 vpravo). Je zřejmé, že se zvyšující se hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla či se zvyšující se hodnotou tepelné charakteristiky prostupem tepla má tendenci se zvyšovat i měrná potřeba tepla na vytápění. Z tvaru, který je vytvořen jednotlivými body v grafu, je nicméně patrné, že měrná potřeba tepla na



Obr. 1 Měrná potřeba tepla na vytápění modelového rodinného domu rozříděná podle hodnot tepelné charakteristiky prostupem tepla $U_{em} A/V$ (vlevo) a podle hodnot průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy U_{em} (vpravo) – různé varianty modelového rodinného domu [4] (pro výpočet potřeby tepla bylo ve všech variantách uvažováno shodné větrání i vnitřní zisky (stanoveno dle [10]), měnila se míra prosklení fasád a stínění jižních oken markýzou)

Fig. 1 Specific heating needs of the model family house sorted according to the values of the transmission thermal characteristic $U_{em} A/V$ (left) and according to the mean thermal transmittance of the building enclosure U_{em} (right) – different variants of the model family house [4] (identical ventilation and internal heat gains were used for calculation of heating needs in all the variants (determined according to [10]), the fenestration ratio of the facade and shading of the southern windows by an overhang varied)

vytápění budovy o něco lépe koreluje s tepelnou charakteristikou budovy prostupem tepla $U_{em} A/V$ než se samotným průměrným součinitelem prostupu tepla obálky U_{em} .

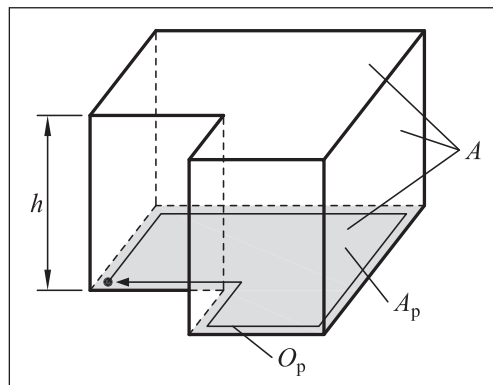
Cílem tohoto příspěvku je odvodit parametrické vyjádření tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla. Odvozený vztah bude následně podroben rozboru. Parametrický vztah umožní kvalitativní i kvantitativní zhodnocení ovlivňujících faktorů. Dalším cílem bude zjistit dnes dosažitelnou úroveň tepelné charakteristiky prostupem tepla pro různé typy obytných budov (rodinné a bytové domy). V navazující diskuzi se pokusíme zodpovědět otázku, zda je k vyjádření požadavků na tepelněizolační kvalitu obálky budovy vhodnější použít samotný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, nebo tepelnou charakteristiku budovy prostupem tepla.

PARAMETRICKÉ VYJÁDŘENÍ TEPELNÉ CHARAKTERISTIKY BUDOVY PROSTUPEM TEPLA

V odvození se předpokládá zjednodušený tvar modelové budovy (viz obr. 2). Obálka se předpokládá hladká bez prvků zvyšujících její členitost (např. lodžie, arkýře, rizality apod.).

V článku [2] bylo odvozeno parametrické vyjádření průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy s plochou střechou ve tvaru:

$$U_{em} = (b_s U_s + b_p U_p) F_p + (1 - 2F_p) \left((1 - F_w) U_{st} + F_w U_w \right) + \Delta U \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (3)$$



Obr. 2 Základní geometrické charakteristiky modelové budovy

Fig. 2 Basic geometrical parameters of the model building

kde je:

F_p poměr zastavěné plochy a teplosměnné plochy obálky budovy ($F_p = A_p/A$) [-],

F_w poměr plochy oken a celkové plochy fasády ($F_w = A_w/A_{fas}$) [-],

U součinitel prostupu tepla (U_s střechy, U_p podlahy, U_{st} stěn, U_w oken) [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$],

ΔU přírůstek na tepelné vazby [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$].

b činitel teplotní redukce vyjadřující například tepelněizolační vliv zeminy nebo nevytápěného suterénu (b_p), nebo nevytápěné půdy (b_s) [-].

Objemový faktor tvaru budovy lze vyjádřit jako:

$$\frac{A}{V} = \frac{1}{h F_p} \quad [\text{m}^2/\text{m}^3] \quad (4)$$

Po vynásobení průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy z rovnice (3) objemovým faktorem tvaru (viz rovnice (4)) dostaneme tepelnou charakteristiku budovy prostupem tepla vyjádřenou jako:

$$U_{em} \frac{A}{V} = \frac{1}{h} (b_s U_s + b_p U_p) + \left(\frac{A}{V} - \frac{2}{h} \right) \left((1 - F_w) U_{st} + F_w U_w \right) + \Delta U \frac{A}{V} \quad [\text{W}/(\text{m}^3\text{K})] \quad (5)$$

kde je:

A/V objemový faktor tvaru budovy [m^2/m^3],

h výška budovy [m].

Obdobně, byť o něco složitější, parametrické vyjádření tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla lze odvodit i pro budovy se šikmou střechou (pultová či sedlová), což v tomto článku není provedeno.

Pro danou geometrii modelové budovy taktéž platí:

$$\frac{A}{V} = \frac{O_p}{A_p} + \frac{2}{h} \quad [\text{m}^2/\text{m}^3] \quad (6)$$

kde je:

O_p obvod zastavěné plochy [m],

A_p zastavěná plocha [m^2] (viz obr. 2).

Poměr O_p/A_p vyjadřuje kompaktnost půdorysného tvaru budovy. Po dosažení rovnice (6) do rovnice (5), a za předpokladu zanedbání vlivu tepelných vazeb, dostaneme:

$$U_{em} \frac{A}{V} = \frac{1}{h} (b_s U_s + b_p U_p) + \frac{O_p}{A_p} ((1 - F_w) U_{st} + F_w U_w) \quad [W/(m^2K)] \quad (7)$$

Vztahy (5) či (7) umožňují rychlý odhad hodnoty tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla. Vztahy mohou být prakticky využitelné například při předběžném odhadu tepelných ztrát budovy prostupem tepla v koncepční fázi návrhu budovy anebo při návrhu většího urbanistického celku. K výpočtu je potřeba zadat hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivých dílčích prvků (střechy, podlahy, stěn, oken), podíl plochy oken a celkové plochy fasády, a dvě charakteristiky popisující tvar budovy (podíl obvodu zastavěné plochy a zastavěné plochy O_p/A_p a výšku budovy h).

Výraz $((1 - F_w) U_{st} + F_w U_w)$ vyjadřuje průměrný součinitel prostupu tepla fasády. Geometrické charakteristiky ($1/h$, resp. O_p/A_p) ohodnocují důležitost součinitele prostupu tepla střechy a podlahy, resp. fasády, v tepelné charakteristice budovy prostupem tepla. Čím vyšší budova bude, tím nižší vliv na tepelnou charakteristiku prostupem tepla bude mít tepelněizolační kvalita střechy a podlahy. Čím bude nižší hodnota poměru O_p/A_p , tím nižší vliv na tepelnou charakteristiku prostupem tepla bude mít tepelněizolační kvalita fasády. Nižší hodnoty poměru O_p/A_p budou dosahovat budovy s velkou zastavěnou plochou a zároveň jednoduchým nečlenitým tvarem této plochy.

Tab. 1 Typy a geometrické parametry obytných budov

Tab. 1 Types and geometrical parameters of residential buildings

Typ			a [m]		b [m]		h [m]		F_w [-]		Poznámka
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Rodinné domy	Jednopodlažní	R1	10	17	10	17	3,3	3,8	0,05	0,50	-
	Dvoupodlažní	R2	8	13	8	13	6,6	7,6			
Bytové domy	Malé	B1	15	36	10	15	10	18	0,15	0,50	3–6 podlaží
	Velké	B2	36	100	10	15	18	36			6–12 podlaží

Tab. 2 Součinitele prostupu tepla stavebních prvků modelových budov

Tab. 2 Thermal transmittance of the building components of the model buildings

Rok	U_{st}	U_s	U_p	U_w	ΔU	h_p [-] ^{xxx}		
	[W/(m²K)]					R1, R2	B1	B2
1977	0,89	0,51	1,09	3,7	0,20 ^{xx}	0,47	0,30	0,19
1994	0,46 [*]	0,32 ^x	1,03	2,9	0,15 ^{xx}	0,48	0,31	0,20
2002	0,38 [*]	0,30 ^x	0,60	1,8	0,12 ^{xx}	0,57	0,40	0,26
2011a – požadované*	0,30	0,24	0,45	1,5	0,10	0,62	0,48	0,31
2011b – doporučené**	0,25	0,16	0,30	1,2	0,02	0,71	0,56	0,40
2011c – doporučené pro pasivní budovy***	0,15	0,12	0,18	0,7	0	0,80	0,68	0,50

* Součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí splňují požadované hodnoty [6].

** Součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí splňují doporučené hodnoty [6].

*** Součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí spadají do intervalu doporučených hodnot pro pasivní budovy [6].

^x Hodnoty součinitelů prostupu tepla pro těžké konstrukce dle [7].

^{xx} Hodnoty přírážky na vliv tepelných vazeb stanoveny odhadem.

^{xxx} Hodnoty redukčního činitele odečteny z grafu 2.2.1 v [8].

PŘÍKLADY A ANALÝZA ZÁVISLOSTÍ

Na různých typech budov se sleduje dnešní dosažitelná úroveň tepelné charakteristiky prostupem tepla a historický vývoj dosahovaných hodnot.

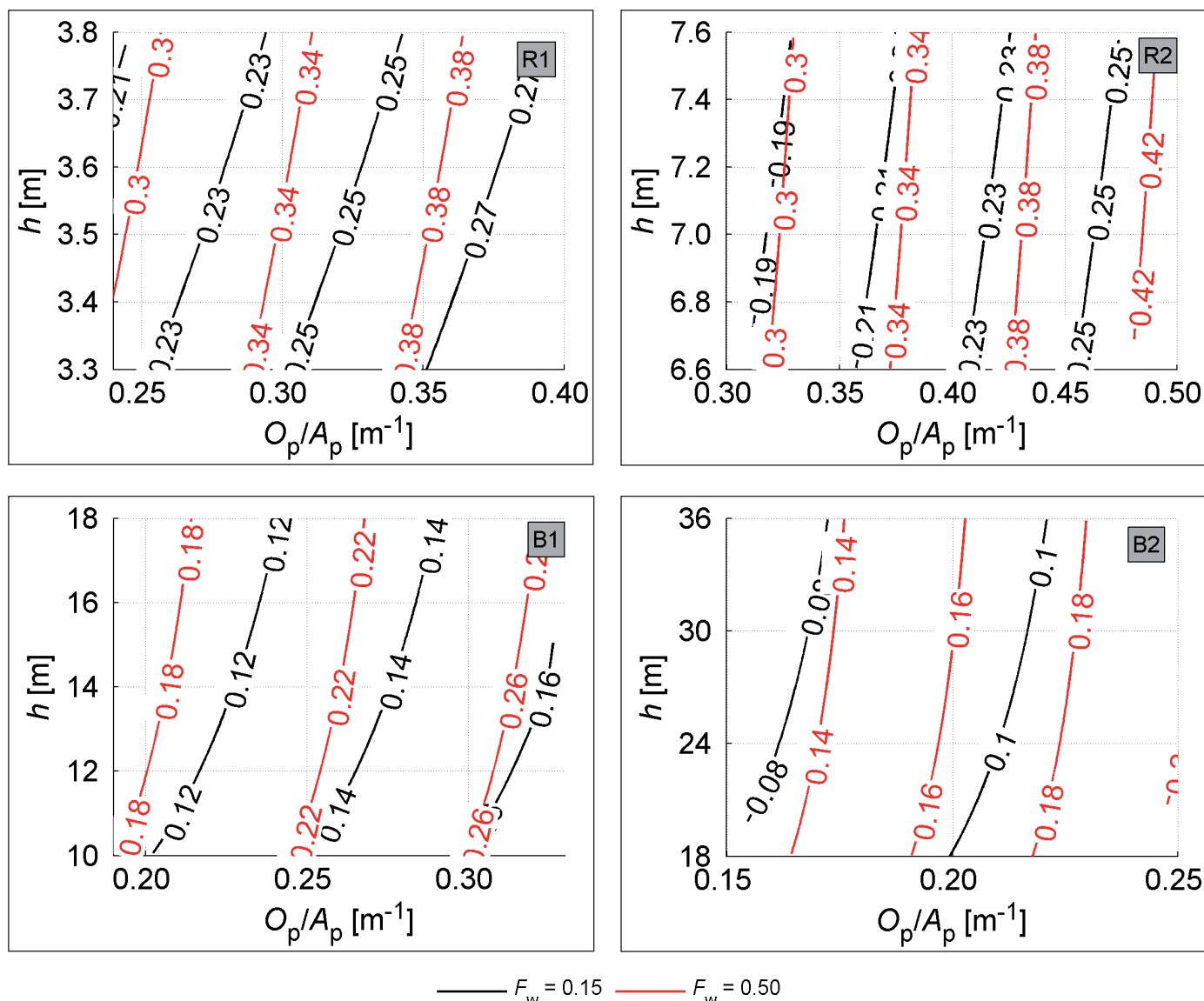
Definice typů budov

Geometrické charakteristiky jednotlivých typů budov jsou nastaveny stejně jako v článku [2], viz tab. 1. Předpokládá se, že obestavěný prostor budovy má tvar kvádru. Dále se předpokládá, že vstupní údaje jsou rozloženy mezi minimálními (označeny jako min.) a maximálními (označeny jako max.) hodnotami se stejnou pravděpodobností. Hodnoty součinitelů prostupu tepla obvodových konstrukcí jsou definovány v tab. 2.

Příklad 1

Zjišťuje se závislost tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla na výšce budovy h a poměru obvodu zastavěné plochy a zastavěné plochy O_p/A_p . Příklad také ilustruje dnes běžně dosažitelnou úroveň tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla.

Z intervalů vstupních hodnot geometrických parametrů budov (viz tab. 1) bylo pro každý typ domu náhodně vybráno 1000 vzorků metodou Latinských hyperkrychlí [9]. Pro každý vzorek budovy z daného typu budovy byl dopočítán poměr obvodu zastavěné plochy a zastavěné plochy O_p/A_p a objemový faktor tvaru A/V . Pro dvě různé úrovně faktoru prosklení F_w (15 %, resp. 50 %) a hodnoty součinitelů prostupu tepla U dílčích stavebních prvků zafixované na úrovni doporučených hodnot dle [6] byla následně dopočítána tepelná charakteristika budovy prostupem tepla. Vypočítané hodnoty tepelné charakteristiky byly posléze proloženy plochou a jsou zobrazeny jako závislost na výšce budovy h (osa y) a poměru obvodu zastavěné plochy a zastavěné plochy O_p/A_p (osa x), viz obr. 3.



Obr. 3 Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla rozříděná podle poměru O_p/A_p a výšky budovy h pro uvažované typy budov (součinitele prostupu tepla na úrovni doporučených hodnot dle [6]) a pro různé úrovně poměru prosklení F_w (červeně 50 %, černě 15 %)

Fig. 3 Transmission thermal characteristic of the whole building sorted according to the O_p/A_p ratio and the height of the building h for considered building types (recommended values of thermal transmittances according to [6]) and for different fenestration ratios F_w (in red 50 %, in black 15 %)

Obr. 3 dává jistý vhled, jakých hodnot tepelné charakteristiky prostupu tepla mohou dnešní budovy dosahovat při návrhu prvků obálky budovy na doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla podle [6]. Je zřejmé, že tepelná charakteristika prostupem se vzrůstající velikostí budovy klesá. U rodinných domů s dílčími stavebními prvky tepelně izolovanými na úrovni doporučených hodnot dle [6] a s vysokým podílem prosklení fasády se tepelná charakteristika prostupem tepla pohybuje nad hodnotou 0,3 W/(m²·K). Větší bytové domy naopak při totožné tepelněizolační kvalitě obvodového pláště a s obdobně vysokým podílem prosklení dosahují hodnot tepelné charakteristiky prostupem tepla nižších než 0,2 W/(m²·K).

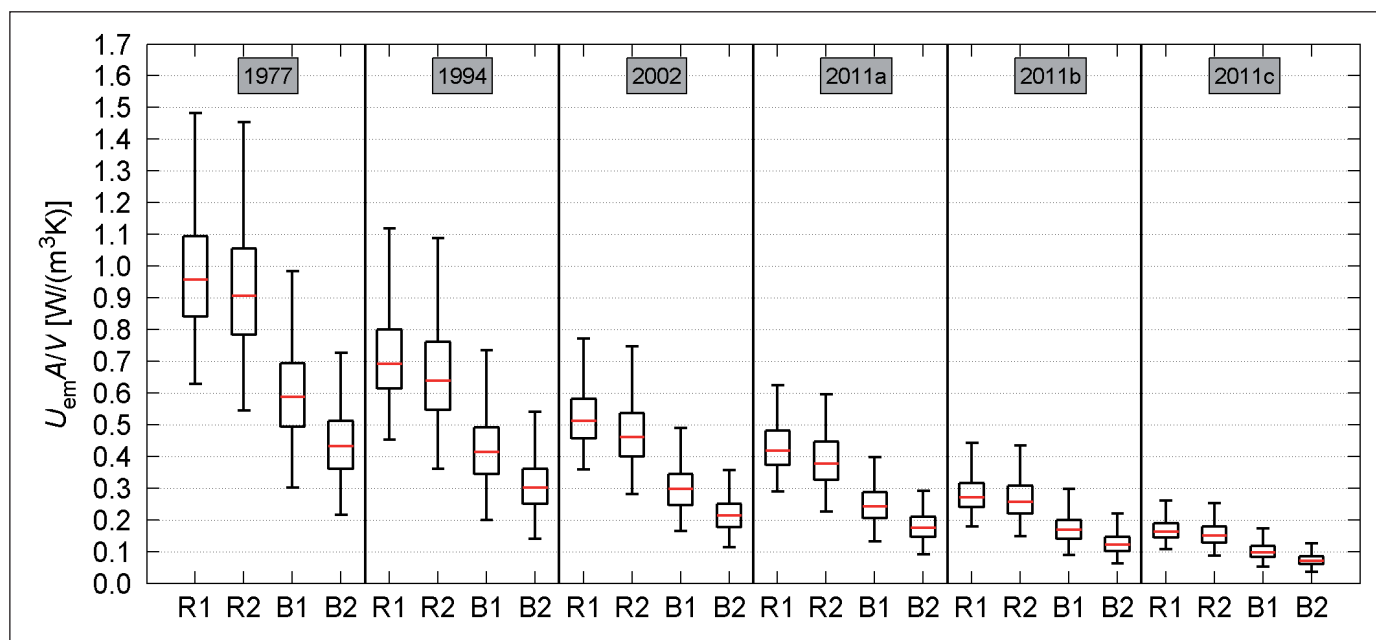
Příklad 2

Sleduje se vývoj hodnot tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla v čase tak, jak se měnily požadavky na úroveň součinitelů prostupu tepla dílčích prvků obálky budovy. Metoda výpočtu je obdobná jako v příkladu 1. Z uvažovaných intervalů vstupních hodnot geometrických parametrů budov (viz tab. 1) bylo pro každý typ domu náhodně vybráno 1000 vzorků metodou Latinských hyperkrychlí [9]. Pro každý vzorek z daného typu budovy byla podle vzorce (5) dopočítána hodnota tepelné charakteristiky

budovy prostupem tepla, přičemž se měnily hodnoty součinitelů prostupu tepla dílčích prvků obálky budovy tak, jak postupně docházelo ke zpřísňování požadovaných hodnot, viz tab. 2. Vypočítané hodnoty tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla jsou pro různé kategorie budov a pro různá období zobrazeny na obr. 4 pomocí krabicových diagramů.

V průběhu posledních téměř čtyřiceti let se hodnoty tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla odpovídající požadovaným hodnotám součinitelů prostupu tepla jednotlivých obvodových konstrukcí snížily přibližně na polovinu (viz obr. 4).

Dosažitelná úroveň tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla se při současném stavu stavebních technologií a materiálů (úroveň pasivního domu) u větších bytových domů pohybuje pod hodnotou 0,10 W/(m²·K). U rodinných domů ale leží dnes dosažitelné hodnoty spíše v pásmu mezi 0,15 až 0,20 W/(m²·K). Rodinné domy jsou totiž penalizovány vyššími hodnotami objemového faktoru tvaru a dosahují přibližně dvakrát vyšších hodnot tepelné charakteristiky budovy, a to i přesto, že dosahují o něco nižších hodnot průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy než bytové domy (viz [2]). V zásadě platí,



Obr. 4 Historický vývoj hodnot tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla pro různé typy budov

Fig. 4 Historical development of the transmission thermal characteristic of the whole building for various building types

že čím je budova objemově menší, tím nesnadněji dosahuje nižších hodnot tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla.

Úplná kompenzace vysokých hodnot objemového faktoru tvaru (např. u malých rodinných domů) dalším zlepšením tepelněizolační kvality obálky není možná. Pokud bychom například chtěli dosáhnout hodnoty tepelné charakteristiky $0,10 \text{ W/(m}^3\text{K)}$ u rodinného domu s objemovým faktorem tvaru $A/V = 1,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$, znamenalo by to dosáhnout průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy rovnajícího se $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Toto zatím není technicky ani ekonomicky dosažitelné.

DISKUZE

V předcházejícím článku [2] bylo zjištěno, že objemově větší budovy mají tendenci při stejné kvalitě dílčích stavebních prvků dosahovat mírně vyšších hodnot průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy. Z pohledu tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla je tato nevýhoda u objemově velkých budov zcela vykompenzována mnohem nižší hodnotou objemového faktoru tvaru (vyšší kompaktností). Objemově větší budovy tedy budou dosahovat obdobných měrných potřeb tepla na vytápění jako budovy menší při nižších tloušťkách tepelné izolace obálky budovy.

Z hlediska vlastníků nemovitostí, ale i celé lidské společnosti, nejsou rozhodující měrné potřeby tepla, ale absolutní hodnoty spotřeb tepla na vytápění jednotlivých domů či bytů (kWh/rok). Za absolutní hodnoty spotřebované energie totiž platíme faktury a potřebujeme je pomocí dostupných (a velmi často neobnovitelných) energetických zdrojů pokrýt. Měrné hodnoty potřeby tepla $\text{kWh/(m}^2\text{rok)}$ anebo $\text{kWh/(m}^3\text{rok)}$ jsou naopak důležité pro vzájemné srovnání typově stejných a podobně velkých budov mezi sebou. Nízká hodnota měrné potřeby tepla ale bohužel nic nevypovídá o tom, jestli je budova přiměřeně veliká vzhledem ke svému účelu, tj. jestli se část jejího objemu nevytápí zbytečně. Zajistit, aby se nové budovy nestavěly větší, než je skutečně potřebné, je zejména na osobní zodpovědnosti architekta či investora. V praxi bohužel existují i jiné vlivy, které ovlivňují rozhodnutí o velikosti budovy. Například jsou známy paradoxní případy, kdy rodinný dům pro dva seniory dostal druhé podlaží jenom proto, že tím byla snadněji dosažena dotační podpora. Dům totiž kvůli zvětšení svého objemu (nižší hodnota A/V) snadněji dosáhl

požadované hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění (úroveň pasivního domu $< 20 \text{ kWh/(m}^2\text{rok)}$). Z praxe známe i případy opačné, kdy malý jednopodlažní rodinný dům, aby dosáhl úrovně pasivního domu, a tedy získal dotační podporu, musel svoji vysokou hodnotu objemového faktoru tvaru kompenzovat nesmyslně vysokými tloušťkami tepelné izolace.

Absolutní hodnoty spotřeb tepla na vytápění do značné míry korelují se součinem průměrného součinitele prostupu tepla (vyjádření tepelněizolační kvality obálky) a teplosměnné plochy obálky budovy (vyjádření velikosti budovy). Kompaktnost objemu budovy (objemový faktor tvaru) začne hrát roli až při porovnání tvarových variant obdobně velikých domů. Současné hodnocení tepelněizolační kvality obálky budovy pouze pomocí součinitelů prostupu tepla dílčích stavebních prvků a průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy proto vnímáme jako logické a správné. Je otázkou do širší diskuse, kam až lze zajít v dalším zpřisňování požadavků na tepelněizolační kvalitu obvodového pláště a jakým způsobem nastavit požadované, resp. doporučené hodnoty pro průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy.

ZÁVĚR

Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla je agregovaná tepelná charakteristika celé budovy, která je součinem průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy (tepelněizolační schopnosti obálky) a objemového faktoru tvaru budovy (kompaktnosti objemu budovy). Měrná potřeba tepla na vytápění budovy je do značné míry ovlivněna hodnotou tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla, která je silnějším ovlivňujícím faktorem než samotný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy.

V příspěvku bylo odvozeno parametrické vyjádření tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla za předpokladu zjednodušené geometrie budovy. V parametrickém vztahu vystupují součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních prvků (stěn, střechy, podlahy a oken), kompaktnost půdorysného tvaru (podíl obvodu zastavěné plochy a zastavěné plochy), výška budovy a podíl plochy prosklení a plochy fasády. Na příkladech byly ilustrovány citlivost tepelné charakteristiky prostupem tepla na změnu ovlivňujících geometrických parametrů budovy, historický

vývoj a dnes dosažitelné hodnoty tepelné charakteristiky pro jednotlivé uvažované typy budov. Odvozená parametrická vyjádření pro tepelnou charakteristiku budovy prostupem tepla mohou být prakticky využitelná pro rychlý odhad tepelných ztrát budovy prostupem tepla.

V příspěvku byla zmíněna souvislost tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla s velikostí budovy. Objemově větší budovy kvůli své větší kompaktnosti (nižší hodnota objemového faktoru tvaru) dosahují při stejné tepelněizolační kvalitě dílčích stavebních prvků nižších hodnot tepelné charakteristiky budovy prostupem tepla než budovy malé. Nízká hodnota objemového faktoru tvaru bohužel nic nevypovídá o tom, jestli je budova navržena přiměřeně veliká vzhledem ke svému účelu. Přiměřenou velikost budovy lze těžko předepsat normovými požadavky. Proto hodnocení tepelněizolační kvality obálky budovy pouze na základě součinitelů prostupu tepla dílčích stavebních prvků a průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy považujeme za logické a správné. Je otázkou širší diskuze, jakým způsobem požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy nadefinovat.

Kontakt na autora: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz

Poděkování: Tento článek vznikl za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605.

Použité zdroje:

- [1] KOPECKÝ, P., SOJKOVÁ, K. Agregované tepelné charakteristiky budov Část 1: Motivace a odvození hlavních charakteristik. *Vytápění, Větrání, instalace*. 2016, 25(2), 100–103. ISSN 1210-1389.
- [2] KOPECKÝ, P., SOJKOVÁ, K. Agregované tepelné charakteristiky budov Část 2: Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy. *Vytápění, Větrání, instalace*. 2016, 25(3), 138–144. ISSN 1210-1389.
- [3] ČSN 730540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky. 1994.
- [4] SOJKOVÁ, K. Vliv oken a jejich stínění na tepelnou bilanci domů s odlišnými parametry. *TZB info* [online]. 2011. roč. 13, číslo 49. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/8098-vmiv-okna-a-jejich-stineni-na-tepelnou-bilanci-domu-s-odlisnymi-parametry>
- [5] ČSN EN ISO 13789. Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda. 2009.
- [6] ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Požadavky. 2011.
- [7] ŠÁLA, J., KEIM, L., SVOBODA, Z., TYWONIAK, J. Komentář k ČSN 730540. Kapitola 6.3 a příloha H. 2008.
- [8] BARTOVIČOVÁ, J. Přenos tepla pod základovou deskou – parametrické výpočty. Praha, 2008. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/Latin_hypercube_sampling

[10] TNI 730329. Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy. 2010.

Seznam označení:

A_p	zastavěná plocha [m ²]
O_p	obvod zastavěné plochy [m]
h	výška budovy [m]
F_p	podíl zastavěné plochy a celkové teplosměnné plochy obálky budovy [-]
F_w	podíl plochy oken a celkové plochy fasády [-]
A	celková teplosměnná plocha obálky budovy [m ²]
V	objem budovy [m ³]
A/V	objemový faktor tvaru [m ² /m ³]
U	součinitel prostupu tepla [W/(m ² K)]
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy [W/(m ² K)]
ΔU	korekce průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy na vliv tepelných vazeb [W/(m ² K)]
H_t	měrný tepelný tok prostupem [W/K]
H_v	měrný tepelný tok větráním [W/K]
b	činitel teplotní redukce [-]

Indexy:

st	stěny
s	střecha
p	podlaha
w	okna
fas	fasády (stěny včetně otvorů)

Chlazení modulů pro přistání na Marsu

Vědci z indického Indian Institute of Science z Bangalore a japonského National Institute of Technology z Kisarazu vyvinuli novou techniku pro přistání na Marsu. Stávající modul vstupující do atmosféry Marsu rychlostí 4 až 9 km/s se značně zahřívá a dosud vyžaduje tepelný štít, založený na odtavování částí teplem tření. Problémy zde způsobuje vznik sil a kroutících momentů, které mění trajektorii přistání. Bezchybnost je vyžadována pro opakované použití modulu.

Nová technika (Transpirationcooling, TC) používá k chlazení dusík nebo helium a odpařuje je z porézního povrchu uhlík-uhlíkové keramiky za vzniku tenkého filmu s absorpcí tepla konvekci s odfouknutím. TC je cenově výhodnější a dovoluje opakované použití modulu. Předpokládá se, že technika může být dostupná během 10 let.

Pramen: CCI 13/2016, s. 4

(AB)

ESSENSSE NEO

Vzduchová clona pro komerční aplikace

Délky 1, 1,5, 2 a 2,5 m
Dvě výkonové řady B a C

Vzduchový výkon až do 5 700 m³/h
Clona s elektrickým ohříváčem, vodním výměníkem a bez ohříváče

- **STRAW SYSTEM Technologie** – maximalizace clonícího efektu
- Nízká hlučnost
- Možnost výběru ze tří druhů regulace – modulový systém (BASIC, COMFORT, SUPERIOR)
- Dotykový ovladač, možnost připojení na BMS



www.2vv.cz
2vv@2vv.cz

Výhradní zastoupení pro ČR a SR:



info@multivac.cz
www.multivac.cz