

Realizácia nízkoenergetického rodinného domu

Navrhovanie a výstavba nízkoenergetických a pasívnych domov predstavuje široký komplex problémov, ktoré treba riešiť pri návrhu stavby aj v priebehu jej realizácie. Článok poukazuje na jeden z možných prístupov, akým je energeticky úsporná stavba navrhnutá a akým sa pri projektovaní a realizácii kontroluje jej kvalita z hľadiska energetických súvislostí.

Nízkoenergetický dom

Výstavba rodinného domu začala v novembri 2007. Ide o dvojpodlažný nepodpivničený objekt so samostatne stojacou garážou, ktorý sa realizoval ako drevostavba systémom 2 × 4 – two by four (stĺpkový systém so stĺpkami s prierezom 50 × 100 mm). Samostatne stojaca garáž je nevykurovaná a jej konštrukcia je murovaná. Základné parametre objektu (bez garáže a skladov) sú:

- zastavaná plocha 153,6 m²,
- úžitková plocha 240,0 m²,
- obstaný priestor 1 100,6 m³.

Energetická kvalita objektu v jednotlivých fázach

Pri návrhu stavby a v priebehu realizácie treba vykonať rozhodnutia, ktoré majú vplyv na energetickú bilanciu objektu. Jednotlivé varianty riešení i konečné rozhodnutia by sa mali overovať a upresňovať pomocou vhodného výpočtového modelu, ktorý reaguje na zmeny návrhu, umožňuje jednoducho pracovať vo variantoch a prináša podrobné a prehľadné výsledky. Na takúto prácu sa použil nástroj vytvorený v prostredí tabuľkového procesora [1].

Metodika výpočtu potreby tepla na vykurovanie sa použila podľa ČSN EN ISO 13790 (Tepelno-technické vlastnosti budov – zodpovedajúca slovenská norma STN EN ISO 13790). Jednotlivé výpočtové modely umožňujú sledovať kvalitu jednotlivých subkonštrukcií i okolité vplyvy a ich dosah na celkovú potrebu tepla na vykurovanie. Počas výpočtu sa sleduje kvalita obvodového plášťa, kvalita výplní otvorov a ich komponentov na základe ich geometrie (rám, zasklenie, dištančný rámček) vrátane vplyvu tienenia, vplyv tepelných väzieb a tepelných mostov, spôsob vetrania, vplyv aku-



Obr. 2 Objekt vo fáze realizácie – stav k 10/2008

mulácie podľa použitých materiálov atď. Grafický výstup umožňuje sledovať rozdelenie mernej tepelnej straty prechodom na všetky prvky obvodového plášťa, a stáva sa tak základnou pomôckou pri optimalizácii ich tepelnoizolačných vlastností [1].

Výpočtové prístupy na posudzovanie jednotlivých variantov

- Optimalizačný prístup zohľadňuje väzby objektu na konkrétnu lokalitu (miestne klimatické dáta), na miestnu situáciu (orientácia na svetové strany, tienenie okolitou zástavbou, horizontom...) a na konkrétny spôsob užívania. Tento prís-

stup slúži na optimalizáciu konštrukčného riešenia pre cieľové požiadavky projektanta alebo klienta a zjednodušené odráža reálne správanie budovy v konkrétnych podmienkach.

- Deklaratívny prístup podľa Metodiky hodnotenia nízkoenergetických rodinných domov [2] slúži na deklarovanie všeobecnej kvality stavebného riešenia objektu a nie je viazaný na konkrétnu lokalitu a konkrétne podmienky užívania. Tento výpočtový prístup umožňuje objektívne porovnávať technickú kvalitu stavieb navzájom medzi sebou bez ohľadu na rozličné okrajové podmienky v mieste stavby.

Návrh stavby (štúdia)

Účelom energetického posúdenia objektu vo fáze návrhu stavby (štúdie) bolo preveriť architektonické, dispozičné a prevádzkové súvislosti z hľadiska požiadaviek na nízkoenergetický (pasívny dom). Išlo najmä o preverenie hmotového konceptu (pomer A/V), ďalej o vplyv počtu, veľkosti a orientácie okenných otvorov na celkovú teplotnú bilanciu objektu a o členenie na vykurované, nevykurované, prípadne temperované objekty.

V tejto fáze sa posudzovali tri úrovne tepelnotechnickej kvality obvodového



Obr. 1 Pôdorysy oboch podlaží rodinného domu a priečny rez

plášťa, ktoré sú dané v jednotlivých variantoch cieľovými hodnotami súčiniteľa prechodu tepla U ($W/(m^2 \cdot K)$). Vplyv tepelných väzieb (styk podlaha/stena, prechod stena/strecha, ostenie, nadpražie a parapety okenných otvorov) a tepelných mostov (kotvenie žalúzií, zábradlí balkónov...), ale aj vplyv akumulácie sa v predbežnom výpočte zahrnul formou kvalifikovaného odhadu. Ďalej sa zahrnul vplyv prirodzeného (model A1, A2) a mechanického vetrania (model A3). Všetky tri varianty sa posúdili optimalizačným prístupom (model A1, A2, A3), konečný variant A3dec sa posúdil aj deklaračným prístupom podľa Metodiky [2]. Výsledný variant slúžil ako východiskové zadanie pre ďalšie projektové fázy.

Projekt na stavebné povolenie

Objekt sa navrhol ako murovaný z keramických tvárnic s hrúbkou 240 mm, s prefamonolitickou stropnou konštrukciou z keramických nosníkov a vložiek s celkovou

hrúbkou 250 mm. Obvodový plášť tvorí KZS s hrúbkou zateplenia 220 mm (resp. 240 mm). Konštrukciu valbovej strechy tvorili nosné väzby s obojstrannými klieštinami a vrcholovou väznicou podopretou aj zdvojenými klieštinami s prevetrávanou skladbou s celkovou hrúbkou tepelnej izolácie 340 mm. Schodisko sa navrhlo ako železobetónové monolitické. Tepelnotechnické posúdenie (model B1) obsahuje navrhnuté skladby konštrukcií, konkrétne tepelné väzby a tepelné mosty.

Vykonávací projekt

Objekt sa z ekonomických a časových dôvodov realizoval ako drevostavba systémom 2 x 4. Navrhnuté technické riešenie sa preverilo s ohľadom na energetické súvislosti tepelnotechnickým výpočtom (model C1, C1dec) aj s ohľadom na pôvodné prevádzkové a architektonické požiadavky definované investorom. Išlo najmä o prepočítanie navrhnutých skladieb konštrukcií, revíziu tepelných väzieb a tepelných

mostov s ohľadom na nové technologické riešenie, zahrnutie zníženia vplyvu akumulácie do výpočtu celkovej potreby tepla na vykurovanie atď.

V súvislosti s novým konštrukčným riešením došlo k zmenám v priebehu hranice vykurovanej zóny. Tepelná izolácia neprebíha v rovine strešného plášťa, ale v úrovni stropu 2. NP. Priestor medzi stropom a strechou je nevykurovaný a vetraný. Tým došlo k zmenšeniu plochy teplovýmennej obálky stavby, čo mohlo čiastočne ovplyvniť výpočet.

Realizácia stavby

V priebehu realizácie stavby došlo k niektorým čiastkovým zmenám oproti vykonávaciemu projektu, najmä k zmene kvality výplní otvorov a k čiastkovým zmenám použitých materiálov. Všetky tieto odchýlky od naprojektovaného riešenia sa zahrnuli do konečného výpočtu, ktorého model (model D1, D1dec) odráža skutočnú realizáciu a kvalitu stavby.

Tab. 1 Súčinitele prechodu tepla U ($W/(m^2 \cdot K)$) pre jednotlivé výpočtové varianty a celkové výsledky

Fáza projektu	Štúdia	Štúdia	Štúdia	Štúdia podľa metodiky [2]	DSP	DPS	DPS – podľa metodiky (2)	Realizácia	Realizácia podľa metodiky (2)
Model	A1	A2	A3	A3dec	B1	C1	C1dec	D1	D1dec
Stručný popis									
Spôsob vetrania	prírodné	prírodné	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické
A/V	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,69	0,69	0,69	0,69
Vetranie podrobnejšie									
Tok vetracieho vzduchu (m^3/h)	$n = 0,5 h^{-1}$	$n = 0,5 h^{-1}$	150	105	150	150	105	150	105
Spôsob výpočtu toku v. v.			6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$	6 osôb, $25 m^3/(h \cdot os)$
Účinnosť ZZT	bez ZZT	bez ZZT	75 %	75 %	75 %	75 %	75 %	75 %	75 %
Násobnosť výmeny vzduchu n_{50} (h^{-1})	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,43	0,43
Tepelné izolačné vlastnosti U ($W/m^2 \cdot K$)									
Okná veľké – zasklenie	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Okná veľké – rám	1,4	1,14	1	1	1	0,86	0,86	1	1
Okná malé – zasklenie	1,1		1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6
Okná malé – rám	1,4		1	1	1	0,86	0,86	1	1
Obvodová stena	0,38	0,25	0,15	0,02	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
Strecha	0,24	0,16	0,14	0,14	0,15	0,115	0,115	0,115	0,115
Podlaha nad exteriérom (nad vstupom)	0,24	0,16	0,15	0,15	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
Podlaha 1. NP	0,45	0,3	0,3	0,3	0,23	0,272	0,272	0,272	0,272
Tepelné zisky									
Časová konštanta zóny τ (hod)	100	100	150	150	150	100	100	100	100
Celkové vnútorné zisky ϕ_i (W)	520	520	520	520	520	520	520	520	520
Výsledky									
Priemerný súčet p. t. U_{em} ($W/m^2 \cdot K$)	0,44	0,34	0,25	0,24	0,24	0,2	0,19	0,2	0,19
Celková tepelná strata budovy Q_1 (MWh)	44,4	37,24	20,11	16,5	19,72	15,84	12,62	15,99	12,85
Tepelná trata budovy pri $\Delta\theta = 36^\circ C$ (kW)	15,15	12,694	6,856	6,23	6,721	5,399	4,757	5,451	4,841
Merná potreba tepla n. v. e_A (kWh/($m^2 \cdot a$))	129,5	103,4	44,9	30,1	43,5	31,1	18,6	31,6	19,2

Špecifickým problémom drevostavieb je zabezpečenie vzduchotesnosti plášťa stavby. Kvalita realizácie vzduchotesného plášťa je kľúčová na zaistenie efektívnej funkcie spätného získavania tepla rekuperáciou. Vzduchotesnosť stavby sa pred kompletizáciou vnútorných povrchov overila tzv. Blower Door Testom [1]. Výsledok meraní ($0,43 \text{ h}^{-1}$), ktorý okrem iného predstavuje dosiahnutie dobrej kvality vzduchotesnosti obvodového plášťa, sa zohľadnil v aktualizovanom výpočte.

Prehľad variantov a analýza výsledkov

Prehľad jednotlivých parametrov rozhodujúcich pre energetickú bilanciu stavby je v rozličných fázach projektu a realizácie uvedený spolu s výsledkami energetického posúdenia v tab. 1. Zvýraznené sú vždy tie parametre, pri ktorých došlo k zmenám oproti predchádzajúcemu výpočtovému modelu. Z prehľadu je zrejmé, že v jednotlivých fázach projektu sa môže niekoľko parametrov výrazne meniť – či už vplyvom cieľenej optimalizácie konštrukčného, materiálového a technologického riešenia, alebo vplyvom viac či menej subjektívnych rozhodnutí strán zúčastnených na projekte a realizácii stavby.

Výsledky tepelnotechnického posúdenia ukazujú, že energetická kvalita objektu sa v jednotlivých fázach návrhu i realizácie môže výrazne líšiť. Preto treba sledovať projekt i výstavbu a priebežne overovať vplyv čiastkových zmien alebo úprav tak, aby nedošlo k výraznému odchyleniu od vytýčených cieľov.

Zároveň sú z výsledkov analýzy zrejmé významné rozdiely medzi tzv. optimalizačným prístupom a tzv. deklaračným prístupom [2]. Z toho vyplýva potreba prijať do budúcnosti – najmä na deklaračné účely – taký spôsob výpočtu, ktorý bude čo najmenej citlivý na subjektívne spôsoby



Obr. 4 Detaily prerušenia tepelných mostov v tepelnoizolačnej obálke stavby

posudzovania, aby bolo možné objektívne vyhodnocovať a vzájomne porovnávať technickú kvalitu stavieb medzi sebou.

Optimalizačný prístup slúži na optimálny návrh stavby a jej jednotlivých komponentov v konkrétnych podmienkach s cieľom maximálne efektívne využiť technické a finančné možnosti na dosiahnutie stanovených cieľov.

Realizácia stavby

Pri realizácii stavby sa dbalo na kvalitné vykonanie stavebných prác z hľadiska prerušenia tepelných mostov v tepelno-

izolačnom plášti stavby aj z hľadiska zabezpečenia tesnosti vzduchotesnej vrstvy stavby, ktorá zároveň tvorí parozábranu. Výsledok deklarovanej okrem iného Blower Door Testom je daný kvalitne spracovanou vykonávacou dokumentáciou, ako aj príkladným vyhotovením realizačnej firmy.

Záver

Sledovanie návrhu i realizácie a zohľadnenie konkrétnych zmien a úprav sú súčasťou zabezpečenia požadovanej akosti stavby. Analýzy poukazujú na stále väčšie kvalitatívne požiadavky pri vstupných údajoch, najmä dátach týkajúcich sa tepelnotechnických vlastností použitých materiálov (napr. tepelných izolácií, parotesných a vzduchotesných vrstiev...) a jednotlivých komponentov (výplní otvorov atď.).

TEXT: Jan Růžička, Radek Začal

FOTO: autori

Jan Růžička pôsobí na stavebnej fakulte ČVUT v Prahe a v ateliéri KUBUS.

Radek Začal pôsobí v ateliéri KUBUS.

Literatúra

1. Růžička, J. – Začal, R. – Novák, J.: Tvorba koncepcie nízkoenergetických stavieb ve fázi jejich návrhu. Sborník Pasivní domy 2006. Centrum pasivního domu, 2006, s. 64 – 65.
2. Tywoniak, J.: Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů. Tepelná ochrana budov, 1/2008, s. 11 – 17. ISSN 1213-0907.



Obr. 3 Kontrola vzduchotesnosti stavby – Blower Door Test, 08/2008, Ing. Jiří Novák, PhD., Fakulta stavebná ČVUT v Prahe