

SIPs technologie konstrukčních izolovaných panelů

Expandovaný polystyren tvoří jako tepelná izolace jádro sendvičových panelů slepených z konstrukčních desek na bázi dřeva. Spolu s kontaktním zateplovacím systémem a interiérovou sádkartonovou deskou splňují náročné požadavky na tepelněizolační vlastnosti obálky nízkoenergetických a pasivních domů.



Obr. 1 Dobová fotografie z výstavby domů v Midland 1952 (za zaslání a povolení použití fotografie děkujeme muzeu Aldena B. Dowa).

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov definuje požadavek, aby v budoucnu byly navrhovány a stavěny pouze budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Stavebnictví se tak musí do roku 2018 připravit na revoluční zpřísnění požadavků na tepelnou ochranu budov.

Jak zareaguje stavební trh?

Růst cen energií a administrativní opatření přijímaná na úrovni Rady Evropy donutí v nejbližších letech stavební trh podstatně přehodnotit pohled na výstavbu budov všech typů a určení. Předpokládám, že se

ve větší míře začnou využívat technologie suché montáže a vzroste podíl izolačních materiálů v konstrukci obvodových pláštů budov. Z důvodu zlevňování staveb při zachování jejich vynikajících tepelnětechnických vlastností budou vyvíjeny nové konstrukční a stavební materiály, kde vhodný tepelný izolant v kombinaci s jinými materiály převezme i nosnou funkci. Do pozadí bude ustupovat provádění staveb náročnými a dlouhotrvajícími mokřými procesy.

Technologie konstrukčních izolovaných panelů

Technologii Structural Insulated Panels (SIPs) tvoří sendvičový panel vyrobený slepením konstrukčních desek na bázi dřeva s jádrem z pevného izolantu. Takový panel má vynikající pevnost a tuhost a samozřejmě i výborné tepelněizolační vlastnosti. Protože neobsahuje žádný dřevěný rám ani žádné jiné dřevěné prvky, je izolace v panelu homogenní, bez tepelných mostů. Panel se dá libovolně dělit kolmými i šikmými řezy bez ztráty pevnosti a izolačních schopností. Panel je univerzálně použitelný, určený pro obvodové i vnitřní stěny, základové desky i střešní pláště staveb.

Historie vzniku technologie SIPs – inspirace F. L. Wrightem

Na vývoji konstrukčních izolovaných panelů pracovali téměř současně Forest Products Laboratory (FPL) v Madisonu ve Wisconsinu a známý architekt Frank Lloyd Wright. Ve třicátých letech dvacátého století v reakci na světovou hospodářskou krizi navrhl Frank Lloyd Wright cenově dostupné domy, které nazval Usonian houses a jejichž cena neměla překročit 5000 dola-

rů. Jednalo se o jednopodlažní stavby bez podsklepení, většinou ve tvaru L, které se stavěly z cihel, betonu a dřeva. Některé domy byly z prvních SIPs panelů. Tyto panely byly vyrobeny slepením jádra z několika vrstev lepenky s pláštěm z překližky.

V roce 1935 začaly pokusy ve Forest Products Laboratory v Madisonu. Cílem bylo zajistit přenesení svislého zatížení od stavebních konstrukcí do pláště sendvičového panelu, který tvořila překližka. Realizací této myšlenky se podařilo vyrobit sendvičový panel s izolantem v celém průřezu, tedy bez tepelných mostů tvořených dřevěným rámem. Pro výrobu takového panelu nebyla potřebná sušárna řeziva a stavebnětruhlářská technologie pro výrobu dřevěného rámu. Navíc lze panel bez dřevěného rámu či jiných výztužných dřevěných žeber libovolně dělit, a přitom zachovat jeho mechanické vlastnosti.

Hned v roce 1935 postavila FPL sérii prvních experimentálních domů, na kterých se principy SIPs technologie ověřovaly. V roce 1947 staví FPL další experimentální budovu, která se testovala celých 31 let. V roce 1952 staví domy ze SIPs panelů v Midland v Michiganu žák F. L. Wrighta, syn zakladatele společnosti Dow Chemical Company, architekt Alden P. Dow. Panely použité na tyto domy již měly jádro z pěnového polystyrenu a obecně se považují za opravdový nástup SIPs technologie (obr. 1).

Moderní panel technologie SIPs

Panel technologie SIPs je charakteristický celoplošným slepením pláště z konstrukčních desek s jádrem, které tvoří pevný izolant. Materiálová skladba panelů tak bývá velmi rozmanitá. Plášť panelu může být



Obr. 2 Moderní SIPs panely z OSB desek a polystyrenového jádra

Typ	Použití	Varianta	Tloušťka (mm)	Délka (mm)	Šířka (mm)	Hmotnost 1 m ² (kg)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)	Tepelný odpor (m ² K/W)		
EP 120	Panel určený na vnitřní příčky	A	120	3000	1250	20,3	0,36	2,59		
EP 120		B					0,31	3,11		
EP 170	Panel určený na obvodové stěny	A	170			2800	20,8	0,25	3,87	
EP 170		B						0,21	4,67	
EP 210	Panel určený na střešní pláště	A	210				2500	21,49	0,20	4,90
EP 210		B							0,16	5,92
EP 270	Panel určený na střešní pláště	A	270	312	22,4			0,15	6,44	
EP 270		B						0,13	7,79	
EP 85 H	Panel určený pro drobné stavby	-	-		2500	1250		15,4	-	-
EP 85 H		!							625	15,7

Vysvětlivky:

- A Panel s prostory pro elektroinstalaci
- B Panel bez prostupu pro elektroinstalaci
- GA Panel Grafitt s prostory pro elektroinstalaci
- GB Panel Grafitt bez prostupu pro elektroinstalaci
- Panel Hobby určený pro drobné stavby

Tab. 1 Rozměry, použití, provedení, součinitel prostupu tepla a tepelný odpor panelů SIPs stavebního systému EUROPANEL

z překližky, dřevotřískové desky, OSB desky, cementotřískové či vláknocementové desky a podobně. Jádru může tvořit expandovaný polystyren, extrudovaný polystyren nebo polyuretan. Moderní panel technologie SIPs je dnes v převážně většině složen z pláště z OSB desek a jádra z expandovaného polystyrenu (obr. 2).

Panely se kromě materiálové skladby liší i svými rozměry. Z pohledu tepelněizolačních vlastností je důležitá tloušťka panelu. Plošné rozměry panelů jsou důležité kvůli procesu výstavby. Používají se panely velkoplošné nebo maloformátové. Velkoplošné panely jsou vhodné pro oblasti s komunikacemi, které umožňují dopravu na stavenišť, a s velkými stavebními pozemky vhodnými pro použití stavební techniky pro vykládku a montáž panelů. Maloformátové panely s šířkou do 1 250 mm našli svoje uplatnění v Česku a na Slovensku, kde je situace s pozemky opačná. V tab. 1 je uveden příklad rozměrové řady panelů a součinitele prostupu tepla pro různé tloušťky SIPs panelů, které jsou vyrobeny z desek OSB 4 o tloušťce 15 mm podle ČSN EN 300 a expandovaného stabilizovaného polystyrenu EPS 70 F (alternativně z polystyrenu modifikovaného grafitem EPS GreyWall).

Výstavba prováděná technologií SIPs

Výstavba, lépe řečeno montáž hrubé stavby technologií SIPs, je snadná, ale vyžaduje přesnost a dodržení předepsaných postupů.

Domy se nejčastěji zakládají na betonové základové desce, ale mohou být založeny i na desky provedené z panelů SIPs uložených na základových pasech či patkách nebo zemních vrutech. Na desku opatřenou hydroizolací, případně protiradonovou izolací, se vyznačí poloha jednotlivých stěn podle montážní dokumentace. Panely se staví na základový pražec, který lícuje s hranou základové desky a odděluje vlastní dřevostavbu od základové desky. Základový pražec je společně s dřevěným vloženým prvkem, který vymezuje polohu panelu, přikotven k základové desce. Montáž panelů začíná v jednom rohu stavby a pokračuje připojováním dalších panelů po obvodu. Po dokončení obvodu prvního nadzemního podlaží se obdobně smontují nosné vnitřní stěny. Paneláž prvního nadzemního podlaží se provádí vložením dřevěných vložených prvků do montážní drážky ve věnci. V případě jednopodlažního domu se panely ukončí roznášecím páskem z OSB, jehož šířka odpovídá tloušťce panelu. Na takto provedenou stavbu se uloží konstrukce střechy z příhradových vazníků (obr. 3).

U vícepodlažních staveb se pokračuje konstrukcí stropu. Stropní nosníky se zavěšují do kovových třmenů, které jsou připevněny na vnitřních deskách panelů. V případě potřeby větších rozponů se podírají



Obr. 3 Hrubá stavba bungalovu

průvlakem z lepeného lamelového dřeva podepřeného sloupy na rektifikačních patkách. Stropní nosníky jsou nejčastěji vyrobeny z dřevěného délkově nastavovaného profilu 60 × 240 mm nebo z dřevěných nosníků ve tvaru písmene I. Podlaha druhého nadzemního podlaží se provádí z OSB desek o tloušťce 22 mm, které jsou spojeny na pero a drážku a přes těsnicí pásky jsou vruty zašroubovány do stropních nosníků a obvodových stěn. Na takto provedenou podlahu se zakládá dřevěný vložený prvek vymezující polohu paneláže druhého nadzemního podlaží. Montáž panelů 2. NP se provádí stejně jako v 1. NP. Panely je možné použít i pro konstrukci střešního pláště. Toto řešení zjednoduší konstrukci krovu, protože se panely krokve podírají pouze v místě spoje, tedy ve vzdálenostech 2 500 až 3 000 mm. Výhodou je i větší prostor v podkroví, izolace střešního plá-

tě je umístěna nad krokve. Stavba je velice rychle uzavřena a ochráněna proti srážkám (obr. 4).

Vybrané požadavky na nízkoenergetické a pasivní domy

Obvyklým vyjádřením energetických vlastností budovy je plošná měrná spotřeba tepla na vytápění vztážená na jeden metr čtvereční vytápěné plochy a rok. Pro nízkoenergetické domy je měrná potřeba tepla maximálně 50 kWh/(m² · a) a pro domy pasivní maximálně 15 kWh/(m² · a). Těchto hodnot se dosahuje komplexním řešením stavby, do kterého spadá výběr pozemku, orientace domu, tvarová optimalizace domu, solární zisky, zastínění stavby zelení a okolní zástavbou, velikost a kvalita oken a podobně.

Obvodová obálka domu musí splnit tři základní parametry. Prvním požadavkem



Obr. 4 Konstrukce krovu a střecha ze SIPs panelů – podkroví hrubé stavby dvoupodlažního domu se sedlovou panelovou střechou



Obr. 5 Pasivní dům v Liberci postavený technologií SIPs EUROPANEL (exteriér, interiér)

je co nejnižší součinitel prostupu tepla U . U obvodové stěny stavby pasivního domu nemá být součinitel prostupu tepla větší než $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tam, kde je to konstrukčně možné, se doporučují hodnoty nižší (například u střešních je vhodné $U \leq 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Okna mají mít výsledný součinitel prostupu tepla $U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Všechny obvodové konstrukce a jejich napojení mají být řešeny tak, aby byly minimalizovány tepelné mosty v konstrukcích a tepelné vazby mezi nimi, a to jak v důsledku pečlivého projektového řešení s podrobným zpracováním všech detailů, tak pečlivým prováděním a kontrolou provádění. Obvodové konstrukce musejí být prakticky vzduchotěsné. Experimentální ověření podle ČSN EN 13829 se doporučuje provést vždy, a to ještě před úplným dokončením stavby (obr. 5a, b).

Parametry a konstrukční řešení obvodové obálky pasivního domu postaveného technologií SIPs

Součinitel prostupu tepla stěnou konstruovanou z konstrukčních izolovaných panelů lze zvolit přesně podle požadavků na energetickou účinnost stavby. Stěna SIPs domů se nejčastěji skládá z interiérového obkladu sádkkartonovou deskou, z panelu tloušťky 170 mm a zateplovacího systému ETICS (kontaktní zateplovací systém s polystyrenem). Protože druh interiérového obkladu a druh omítky a použitých lepidel v ETICS se může lišit, najdete v tab. 2 součinitele prostupu tepla pouze pro základní panel SIPs opatřený fasádním polystyrenem dané tloušťky a druhu. Zvýrazněné skladby splňují požadavky kladené na stěnu pasivního domu.

Dalším požadavkem je minimalizace tepelných mostů v obálce budovy. Tento parametr nejvíce ovlivní architekt a projektant konkrétní stavby. Samozřejmě že stavební systém musí minimalizovat vznik tepelných mostů. Jak jsem již uvedl, konstrukční izolované panely neobsahují dřevěný rám, proto v ploše panelu není žádný tepelný most (obr. 6). To je v oblasti dřevostaveb

unikátní vlastnost, protože u všech ostatních konstrukčních systémů najdete ve stěnách velký podíl dřeva v podobě dřevěných rámců panelů u panelových dřevostaveb či sloupků a sloupů u lehkých nebo těžkých skeletových dřevostaveb.

Dřevo není u SIPs ani ve spojích panelů. Spoj se provádí tzv. spojovacím panelem, který má stejnou skladbu jako panel stěnový a jeho jádro je také z polystyrenu. Spojovací panel se vkládá do montážní drážky hluboké 42 mm, kterou je každý panel po celém obvodu opatřen. V obvodových stěnách je dřevo zastoupeno pouze základovým prachcem o tloušťce 60 mm, výdřevou vodorovné montážní drážky na spodku panelu a ve věnci a dále výdřevou montážní drážky okenních a dveřních otvorů. Ve srovnání s ostatními systémy dřevostaveb je tepelných mostů tvořených dřevěnými prvky ve stěně méně než 20 %.

V případě potřeby umístění svislého sloupu pro podporu vodorovných dřevěných nosníků jsou možná dvě řešení. Sloup může být zapuštěn do panelové stěny, nebo může být ke stěně připevněn z interiéru. Toto druhé řešení nezpůsobí tepelný most. Stropní trámy se vkládají do

ocelových třmenů připevněných na interiérové straně panelů a stěnou neprocházejí. I střešní plášť lze vyřešit tak, aby dřevěná konstrukce krovy byla v interiéru a kompletně obalena střešním pláštěm z panelů. Případné tepelné mosty se dále eliminují kontaktním zateplovacím systémem a dodatečným zateplením střešního pláště.

Třetí požadavek, vzduchotěsnost obvodové obálky stavby, se prověřuje tzv. Blower door testem. Tímto testem se zkouší průvzdušnost obálky stavby, tedy kolikrát se za jednu hodinu vymění objem vzduchu v objektu netěsnostmi obálky stavby při rozdílu tlaku 50 Pa mezi interiérem a exteriérem. Norma ČSN 73 0540-2 udává pro pasivní dům požadavek 0,6. Tab. 3 uvádí naměřené hodnoty domů postavených technologií SIPs v Liberci a Jablonci a pro srovnání hodnotu domu stavěného v rámci odvysílaného pořadu Dům snů televize NOVA, který byl řešen jako sloupková konstrukce.

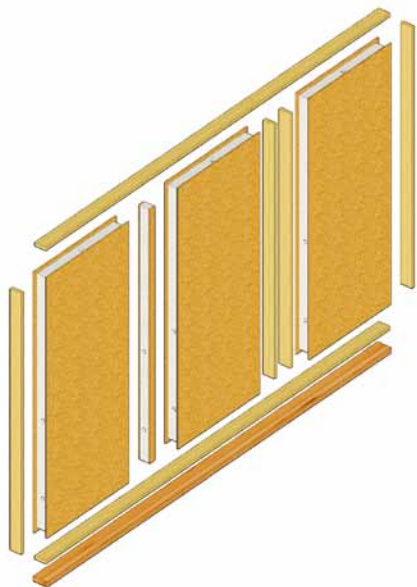
Oba domy ze SIPs požadavek normy splnily, dům prováděný sloupkovou konstrukcí pod dohledem architekta, odborně zdatného stavbyvedoucího a televizních kamer nikoliv. I to ukazuje na podstatně lepší vlastnosti staveb z konstrukčních izolova-

Tab. 2 Příklady součinitele prostupu tepla pro obvodové stěny z EUROPANELU zateplené polystyrenem

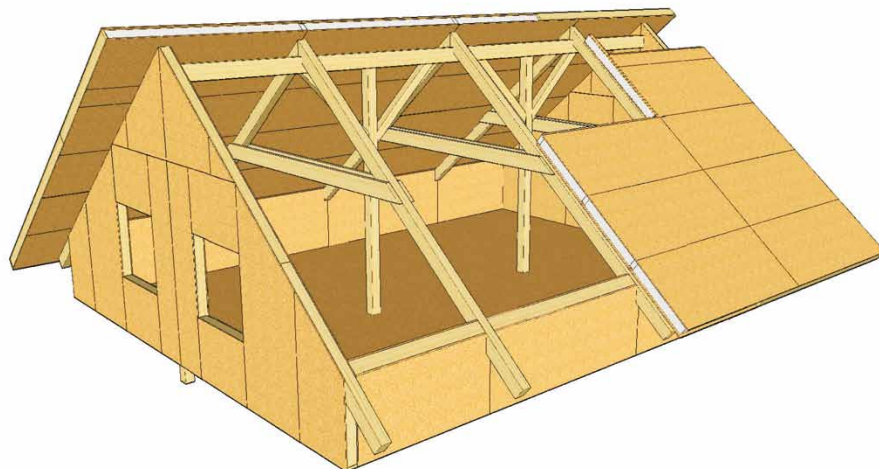
Skladba obvodové stěny	Tloušťka stěny (mm)	Součinitel prostupu tepla ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Europanel EP 170 mm + EPS F 100 mm	270	0,16
Europanel EP 170 mm + EPS F 150 mm	320	0,13
Europanel EP 170 mm + EPS F 200 mm	370	0,11
Europanel EP GreyWall 170 mm + EPS GreyWall 100 mm	270	0,13
Europanel EP GreyWall 170 mm + EPS GreyWall 150 mm	320	0,10
Europanel EP GreyWall 170 mm + EPS GreyWall 200 mm	370	0,09

Tab. 3 Výsledky tzv. Blower door testu

Pasivní dům společnosti IRIDIA, s. r. o., v Liberci (konstrukční systém EUROPANEL)	-0,41
Pasivní dům v Jablonci (konstrukční systém EUROPANEL)	-0,59
Dům snů v televizi NOVA (sloupková konstrukce)	-0,84



Obr. 6 Skladba stěny



Obr. 8 Axonometrie střechy



Obr. 7 Maketa – návaznost jednotlivých konstrukcí

ných panelů. Tyto vynikající výsledky jsou možné díky minimalizaci spár v obálce stavby a jejich vzduchotěsnému provedení. Všechny spoje panelů jsou vyplněny polyuretanovou montážní pěnou. Styky OSB – OSB, OSB – dřevo jsou prolepeny konstrukčním polyuretanovým lepidlem. Takto provedené spoje jsou navíc opatřeny vzdu-

chotěsným materiálem. Základová spára, tedy spára mezi hydroizolací na základové desce a základovým prahcem společně se spárou mezi základovým prahcem a spodní hranou panelu se těsní samolepicím butylovým pásem nebo butylovou fólií přilepenou k hydroizolaci lepidlem OT 15 a k panelu oboustranně lepicí butylovou páskou. Spoje panelů jsou přelepeny vzduchotěsnou textilní páskou opatřenou akrylátovým lepidlem. Rohové spoje panelů, spoje panelů v šikmině druhého nadzemního podlaží a spáry mezi dřevěnými konstrukčními prvky procházejícími panelovou stěnou jsou utěsněny bitumenovým tmelem. Připojovací spára hrubé podlahy druhého nadzemního podlaží k panelu prvního nadzemního podlaží je utěsněna butylovým provazcem s PVC jádrem. Tento systém těsnících prvků společně se správným způsobem osazení a utěsnění oken zaručuje požadovanou úroveň vzduchotěsnosti obvodové obálky pasivního domu (obr. 7).

Řadu čtenářů napadne spousta otázek ohledně bilance vodní páry ve stěně provedené technologií SIPs. Otázka difuze a bilance vodní páry, byť velmi zajímavá, ale není předmětem tohoto článku, proto jenom na okraj konstatuji, že všechny používané skladby obvodových stěn s konstrukčními izolovanými panely plní požadavky normy s přibližně desetinásobnou bezpečností.

Tab. 4 Vzduchová neprůzvučnost panelů

Název	Výsledek výpočtu R_w (dB)	Výsledek měření v laboratoři R_w (dB)	ΔR_w (dB)	Celkový teoretický výsledek R_w (dB)
EP 120 – základní EUROPANEL	25	–	–	29
EP 170 – základní EUROPANEL	26	30	4	30
EP 210 – základní EUROPANEL	26	–	–	30
EP 270 – základní EUROPANEL	27	–	–	31

Vysvětlivky: EP 170 – číslo označuje tloušťku EUROPANELU



Obr. 9

Akustika

Je samozřejmé, že polystyren v kombinaci s deskami OSB není dobrý zvukový izolant. Protože se ale jedná o sendvičovou stěnu doplněnou obkladem interiéru i exteriéru, je možné akustické vlastnosti přizpůsobit požadavkům investora či příslušných norem vhodnou skladbou stěny. V tab. 4 najdete vzduchovou neprůzvučnost panelů vypočtenou na základě provedeného měření na panelu tloušťky 170 mm. V další části tabulky jsou hodnoty vzduchové neprůzvučnosti vytipovaných konstrukčních skladeb.

TEXT: Ing. Luděk Liška

FOTO: EUROPANEL

Autor pracuje jako vedoucí obchodního oddělení ve společnosti EUROPANEL, s. r. o., v Liberci, která vyrábí stavební systémy pro nízkoenergetické stavby.