

Ing. Agnieszka Iringová

SKLOBETÓN – JEHO PREDNOSTI A KONŠTRUKČNÝ DETAIL

Úvod

V súčasnosti dochádza k renesancii pre-sklenených stien zo sklených tvárníc pri riešení obvodových, strešných ako i deliacich konštrukcií. Spravidla nejde o výplň okenných otvorov, alebo ich náhradu, vytvárajú sa transparentné steny so špecifickými požiadavkami na chránený priestor.

Tieto výplne tvoria samostatný architektonický prvok, pričom zámerom architekta je zvýraznenie hmotového riešenia objektu v štruktúre iného materiálu s využitím jeho predností. Konštrukcie zo sklobetónových tvárníc sa zásadne riešia ako výplňové.

Z hľadiska polohy ich možno rozdeliť na vertikálne a horizontálne výplňové konštrukcie.

Z hľadiska skladby ich možno rozdeliť na jednoduché a násobné. Skladba konštrukcie je podmienená požadovanou tepelnou pohodou ohrianičovaného priestoru.

V súčasnosti sa možno na našom trhu najčastejšie stretnúť so sklenými tvárnicami od českého výrobcu VITRABLOCK z Duchcova, ale i s nemeckými tvárnicami fy. OBERLAND z Wirges, resp. talianskymi výrobkami fy. Vetroarredo z Florencie.

Pri vyhodnocovaní obvodových, ale i deliacich stien z nižšie uvedených aspektov sú brané do úvahy technicko-fyzikálne parametre sklenených tvárníc fy. Vitrablock.

JEDNODUCHÉ SKLOBETÓNOVÉ STENY

Jednoduché sklobetónové steny ako súčasť obvodového plášťa sa používajú pri objektoch, ktoré sú bez požiadavky na temperáciu vnútorných priestorov, ale vyžaduje sa denné osvetlenie, dostatočná mechanická odolnosť z hľadiska bezpečnosti, vzduchová nepriezvučnosť, resp. požiarna odolnosť obvodovej steny. Pri ich realizácii je veľmi dôležité ich pružné ukotvenie do nosnej konštrukcie, nakoľko súčinieť tepelnej roziaznosti skla je pomerne vysoký.

Typickým príkladom použitia výplňového mu-riva zo sklobetónových tvárníc sú časti obvodových stien skladových objektov, resp. sezónnych výrobných objektov. Pri manipulácii s materiálom sa vyžaduje dostatočná viditeľnosť, čím rovnomernejšie a intenzívnejšie je denné osvetlenie, tým menšia požiadavka je na intenzitu umelého osvetlenia. Táto skutočnosť výrazne vplýva na ekonomiku prevádzky počas užívania objektu.

Sklobetónové jednoduché steny z hľadiska distribúcie denného osvetlenia

Svetelná prieplustnosť čírych tvárníc pri kolmo dopadajúcim svetle je 75% pri zohľadnení strát špárami, znečistením zasklenia z vnútornej i vonkajšej strany je výsledný činitel' svetelnej prieplustnosti cca 43 %, pre porovnanie výsledný činitel' svetelnej prieplustnosti pri plastových oknách pri dvojitom čírom zasklení je cca 41 %.

Svetlo dopadajúce do priestoru je difúzne, nedochádza k oslneniu pracovísk.

Prirodzené vetranie týchto priestorov sa rieši spravidla vetracími mriežkami v parapetoch, resp. dverných krídlach + bezmotorickými ventilačnými turbínami LOMANCO, ktoré sú umiestnené nad strechou.

Sklobetónové jednoduché steny z hľadiska mechanickej ochrany:

Ďalšou výraznou prednosťou týchto konštrukcií je ich vysoká mechanická odolnosť v porovnaní s klasickými transparentnými výplňami. Z hľadiska zabezpečenia objektu pred násilným vniknutím si dané konštrukcie nevyžadujú ďalšie ochranné prvky – mreže a pod.

Sklobetónové jednoduché steny z hľadiska útlmu zvuku :

Sú prípady riešení, najmä v sektore malého podnikania, keď je navrhovaný objekt situovaný v hustej zástavbe v blízkosti obytnej zóny

a navrhovaná prevádzka sezónnej výroby, resp. skladového hospodárstva je s výraznou emisiou hluku, ktorá negatívne ovplyvňuje životné prostredie susedných užívateľov. V týchto prípadoch je ideálne použiť ako výplňovú transparentnú konštrukciu práve sklobetón. Stena zo sklených tvárníc 190/190/100 mm má index vzduchovej nepriezvučnosti udávaný výrobcom $Rw = 44$ dB, pre porovnanie kvalitné okná so zasklením izolačným dvojsklom s vyplnením vzduchovej medzery inertným plynom argónom a pod. majú $Rw = 35$ dB, stena z pórobetónových tvárníc Hebel P2-500 pri hrúbke muriva 300 mm má $Rw = 42$ dB.

Sklobetónové jednoduché steny z hľadiska životnosti a prevádzky

Životnosť sklobetónových stien nie je časovo obmedzená pokial nedôjde k násilnému mechanickému poškodeniu, resp. k porušeniu celistvosti tvárníc nevhodnou realizáciou.

Je nutné, aby boli sklené tvárnice s dostatočnou dilatáciou pri osteniach s vyplnením trvalo pružným silikónovým tmelom, aby bola výstuž vo vodorovných i vertikálnych špárah s dostatočnou antikoróznou úpravou, cementová malta použitá do špár musí byť z kvalitného cementu, piesok musí byť čistý ostrohranný s veľkosťou zrna do 1,5 mm.

Povrch stien je ľahko udržiavateľný – umývateľný, čo je požiadavka z hygienického hľadiska pre niektoré druhy prevádzok, napr. plavárne, vývarovne, operačné sály a pod. Náklady na prevádzku počas životnosti sú veľmi nízke.

Sklobetónové jednoduché steny z hľadiska požiarnej odolnosti:

Ich najväčšou prednosťou je oproti bežným skleneným konštrukciám ich požiarna odolnosť. Pri dodržaní technológie prevedenia s dôrazom na kotvenie, členenie stien, vystuženie v špárah a dilatáciu po obvode je možné pri jednoduchej stene docieliť požiarne deliacu konštrukciu s požiarnou odolnosťou EW 60 min.

V porovnaní s požiarne deliacimi presklenými stenami s nosnou konštrukciou oceľovou, resp. hliníkovou s výplňou z požiarneho skla sú presklené steny zo sklobetónových tvárníc mnohonásobne lacnejšie. V mnohých prípadoch je pri návrhu typu konštrukcie práve cena

výrobku rozhodujúca. Stretla sa v praxi i pri veľmi solventných investoroch z bankového sektoru, ktorí pri cene cca 45 000 Sk za 1 m² presklennej požiarnej steny trvali na jej zrušení, priestor sa uzavrel klasickou murovanou stenou, kúzlo priestoru a jeho kvalita sa stratila.

Čiastočným riešením tohto problému v niektorých prípadoch môžu byť práve jednoduché sklobetónové steny, ktorých cena za 1 m² pri základnom dezéne v čírom prevedení je cca 4 000 Sk.

Obvodové konštrukcie objektov sú spravidla vždy riešené ako požiarne deliace konštrukcie s požiadavkami na požiaru odolnosť z interiérovej strany, v prípade, že sa sklobetónová stena nachádza v požiarne nebezpečnom priestore iného objektu, resp. susedného požiarneho úseku, je požiadavka na požiaru odolnosť i z exteriérovej strany.

Sklobetónové obvodové konštrukcie sa zasadne navrhujú ako nenosné, t.j. vždy tvoria výplňové murivo, resp. samonosné bez ďalšieho príťaženia.

Pri použití výplňového muriva zo sklobetónových tvárníc možno z hľadiska koncepcie požiarneho riešenia budovy postupovať dvoma spôsobmi:

Príklad 1

Sklobetónová stena je použitá na samostatne stojacom objekte mimo požiarne nebezpečného priestoru iných budov s malým požiarnym zaľažením.

Ak ide o objekt, ktorý je bez požiadavky na vertikálne a horizontálne požiarne pásy (pri objektoch do výšky cca 9 m), možno postupovať ako v prípade okenných otvorov, a celú preskennú fasádu uvažovať ako 100% požiarne otvorenú plochu, resp. čiastočne požiarne otvorenú plochu. V prípade požiaru sálaním cez tieto konštrukcie dochádza k vytvorienu veľkého požiarne nebezpečného priestoru okolo navrhovanej stavby. Platí pravidlo, že požiarne nebezpečný priestor navrhovaného objektu má zostať v rámci parcely investora, v opačnom prípade s tým musí dotknutý majiteľ susedného pozemku súhlasiť.

Príklad 2

Sklobetónová obvodová stena je nenosná požiarne deliaca konštrukcia s požiadavkou na

požiarnej odolnosť zo strany interiéru (napr. stena je na rozhraní požiarneho úseku a tvorí požiarneho pás), resp. exteriéru (nachádza sa v požiarne nebezpečnom priestore susedného požiarneho úseku).

V tomto prípade sa vyžaduje, aby sklobetónová stena po stanovenú dobu trvania požiaru nestratila celistvosť, stabilitu a obmedzovala tepelné sálanie na neohrievanej strane. Konštrukcia sklobetónovej steny sa v tomto prípade posudzuje ako konštrukcia z požiarneho skla.

Za požiarne odolné sklá sa v zmysle STN 92 02 01-2 považujú také, ktoré vykazujú rovnaké vlastnosti ako iné požiarne deliace nenosné konštrukcie. Tieto zasklené konštrukcie musia spĺňať medzný stav stability, celistvosti a tepelnej izolácie podľa STN 73 0851. Medzný stav tepelnej izolácie je charakterizovaný priemernou teplotou na odvrátenom povrchu konštrukcie od požiaru s podmienkou $T_{K1} = (160 + T_0)$, pričom T_0 je počiatočná teplota interiéru cca 20°C.

Sklobetón je z hľadiska požiarnej bezpečnosti vhodný pre použitie v zasklených konštrukciách typu EW.

Najviac sú na našom trhu zastúpené výrobky fyz. VITRABLOCK z Českej republiky, ktorá má na aplikáciu svojich výrobkov za presne definovaných podmienok vydaný atest na požiarne odolnosť obvodových nenosných stien z tvárníc Vitrablock s výslednou požiarou odolnosťou EW30-60 min.

Konštrukčné zásady požiarne deliacich konštrukcií zo sklobetónových tvárníc VITRABLOCK v zmysle protokolu zo skúšky PAVUS Praha Z-1.031-96 s platnosťou od 30. mája 2000.

Skúšaná stena mala rozmer 2700/2700/80 mm s dezénom „w“

Malta použitá na zálievku musí obsahovať piesok o priemere zrnu najviac 3 mm a portlandský cement v pomere 4:1, oceľová výstuž musí zodpovedať požiadavkám STN a musí byť na povrchu čistá bez hrdze a mastnôt, vo zvlášť exponovaných prípadoch je možné použiť tzv. povlakovanú výstuž (s epoxidovým povlakom), dilatačné plastikové krížiky Z-T524-527 z materiálu Krasten 336.

Zásady konštrukčného riešenia:

- Najvyššia prípustná súvislá plocha zasklenia je 7,5 m² pri maximálnej svetnej výške steny 2,7 m. Tieto okrajové podmienky platia pre steny s požiarou odolnosťou E60 D1 z tvárníc Vitrablock 1908 a steny s pož. odolnosťou E30 z tvárníc Vitrablock 1910, 2412 a 2424.
- Sklobetónové steny nie sú nosné , t.j. nemôžu prenášať zaťaženie z ostatných stavebných prvkov okrem vlastnej hmotnosti
- Vo všetkých vodorovných a zvislých vnútorných špárah musí byť uložená oceľová výstuž 1 x o 6 mm
- Vo všetkých vodorovných a zvislých okrajových špárah musí byť uložená oceľová výstuž 2 x o 6 mm
- V miestach kríženia sa oceľová výstuž doporučuje vzájomne spojiť viazacím drátom, resp. privarením
- Dilatačné škáry medzi okrajovými pásmi a ohraňujúcou stenou (murivo, betón) musia byť vyplnené doskami z minerálno-vláknitých dosiek hr. najmenej 15 mm
- Okrajový betónový pás sklenených tvárníc musí byť zapustený do obvodovej steny najmenej 40 mm
- Ohraničujúca konštrukcia steny musí byť hr. najmenej 240 mm. V prípade menšej hr. je nutné zaistiť uloženie výplne zo sklenených tvárníc prídavnou konštrukciou – oceľovým alt. železobetónovým rámom.
- Murované, resp. betónové stĺpy medzi zasklenými plochami musia mať prierez najmenej 240x240 mm.

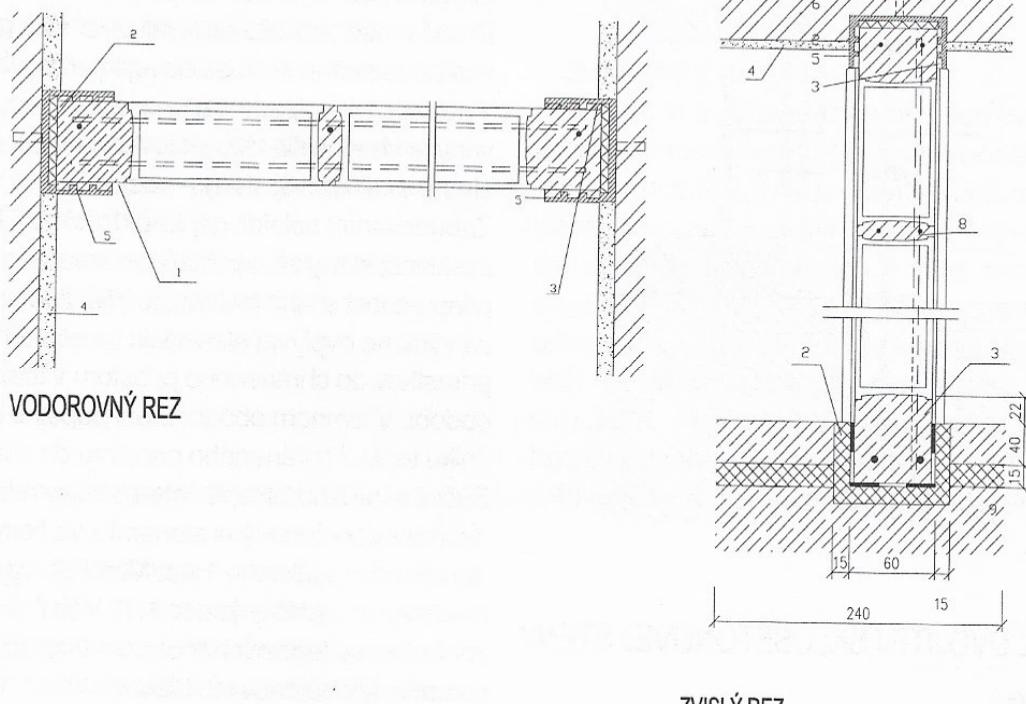
Stavebné konštrukcie z týchto tvárníc v prípade, že sú pri realizácii dodržané podmienky citované vyššie, spĺňajú požadované hodnoty normy STN 92 0201–2 na požiaru odolnosť obvodových stien nezaistujúcich stabilitu objektu, alebo jeho časti z vnútornej strany.

V prípade, že sú sklobetónové steny použité ako požiarne deliace medzi požiarnymi úsekmi a chránenou únikovou cestou, je požiadavka, aby spĺňali klasifikáciu EI , tj. povrchová teplota neohrievanej strane povrchu nesmie prekročiť 180 °C, v tomto prípade je možnosť zvýšenia ich požiarnej bezpečnosti inštaláciou vodných clon zo strany tepelného namáhania.

Druhá možnosť riešenia je v situovaní. Sklobetónovou stenou oddelujem chránenú únikovú cestu a časť susedného požiarneho

úseku – miestnosť, ktorá je bez požiarneho rizika – chodba a pod. Na Slovenskom trhu zatiaľ fy. Vitrablock na svoje výrobky nemá zrealizované prehlásenia o zhode s českým atestom. Po informácii u predajcu na našom trhu je snaha tento zásadný nedostatok odstrániť a prehlásenie o zhode stavebného výrobku v blízkej dobe vybaviť.

Na trhu v zahraničí sú k dispozícii i dvojité tvárnice 190/190/160 mm s požiarou odolnosťou REI 45 D1 i REW 45 D1. Tieto prvky umožňujú riešenie konštrukcií namáhaných požiarom z obidvoch strán interiéru i exteriéru bez ďalších úprav. Dajú sa použiť ako výplňové murivo deliacich stien, ale i stropov.



OBR.1 DETAIL OKRAJOVÉHO ULOŽENIA POŽIARNEJ STENY ZO SKLENÝCH TVÁRNIC
VITRABLOCK 190/190/80 MM

Legenda

- 1 - posuvné spojenie
- 2 - dilatačná špára vyplňená min. vlnou hr. 15 mm
- 3 - trvalo-pružná tesniaca zmes
- 4 - omietka
- 5 - drážkový delený rám
- 6 - kotva, hmoždinka
- 7 - cementová malta okrajového páska výšky 8 - cca 60 mm, 2 x výstuž o 6 mm
- 9 - špára cem. maltou doporučenej hr. 12 mm
- 10 - murivo, alebo betón

Sklobetónové steny z hľadiska tepelno-izolačných vlastností

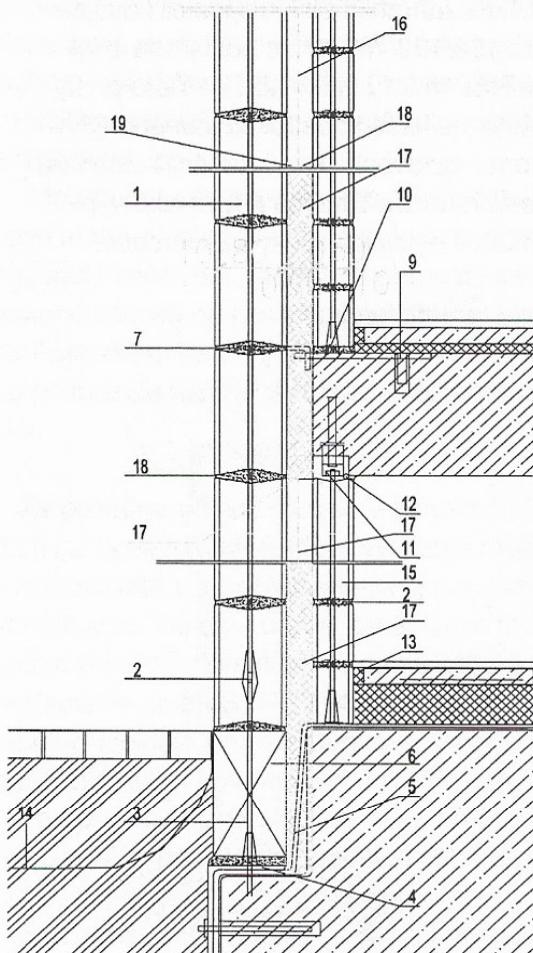
Jednoduché sklobetónové steny ako súčasť obvodového plášťa doporučujem používať v objektoch, ktoré sú bez požiadavky na temperáciu vnútorných priestorov. Ich schopnosť tepelnej izolácie je malá, stena hr. 100 mm z tvárcí 190/190 mm má súčiniteľ prechodu tepla $k = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, požiadavka v zmysle STN

73 0540 Z5 je na výplňové konštrukcie novostavieb $k = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (optimálna hodnota pri nízkoenergetických budovách je cca $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Na jednoduchej sklobetónovej stene dochádza pri okrajových podmienkach $ti=20^\circ\text{K}$, $te=-12^\circ\text{K}$ k povrchovej kondenzácii už pri $-2,5^\circ\text{K}$.

K povrhovej kondenzácii, resp. tvorbe námrazy v extrémnych zimách dochádza i v netemperovaných priestoroch, kde sa uvažuje s cca 15°K teplotným spádom. Pri riešení jednoduchej konštrukcie je vždy nutné zobrať tento fakt do úvahy a dôsledne vyriešiť odvedenie kondenzátu pri parapetnom murive.

Zvýšenie tepelno-izolačných vlastností sklobetónových stien možno docieliť radením dvoch jednoduchých stien za sebou so vzduchovou medzerou.



Obr.2
DETAIL DVOJITEJ SKLOBETÓNOVEJ STENY

Legenda

- 1 - samonosná stena so sklenenými tvárnicami
- 2 - zvislá betonárska výstuž spájaná závitovými spojkami
- 3 - zvislá nerezová výstuž
- 4 - nosný uholník vyrovnávajúci tolerancie betónovej dosky
- 5 - hydroizolačná fólia chránená textíliou
- 6 - čadičové kvádre
- 7 - kotviace prvky vonkajšej steny
- 8 - uzavretie špár tesniacou maltou
- 9 - oceľový okrajový pás nesúci vnútornú stenu a kotviaci vonkajšiu stenu
- 10 - závitové puzdro pre kotvenie výstuže
- 11 - rektifikačný článok kotvenia výstuže vonkajšej steny
- 12 - pružné uzavtorenie špáry
- 13 - dilatačná špára vykurovanej podlahy - penový polyuretan
- 14 - drenážny podsyp dlažby
- 15 - sklenené tvárnice Vitra
- 16 - tepelné zrkadlo Heat Mirror
- 17 - Roofmate hr. 50 mm
- 18 - vodiaca hliníková lišta
- 19 - drážka z hliníkového profilu na odvod kondenzátu

Pričom je vhodné v časti steny, ktorá je z hľadiska distribúcie denného svetla málo účinná – do výšky porovnávajúcej roviny 850 mm nad podlahu + hrúbka stropu, vložiť do vzduchovej medzery kvalitnú tvarovo i vlhkostne stálu tepelnú izoláciu, napr. extrudovaný polystyrén ROOFMATE a pod. Do vzduchovej vrstvy v časti steny, kde je požiadavka na distribúciu denného

svetla, je možné vložiť „tepelné zrkadlo“ – Heat Mirror, čím sa výrazne zvýší tepelnno-izolačná schopnosť tejto časti výplne. Výrobcom fólie je spoločnosť Southwall Technologies Inc.

Funkciu tepelného zrkadla plní biaxiálne orientovaná selektívna fólia, ktorá je priehľadná pre viditeľné sklo (s vlnovou dĺžkou 380-780 nm), ale odráža tepelné a ultrafialové žiarenie. Najúčinnejšie je zabudovať ju do vzduchovej medzery medzi dve sklá. Výsledkom je dvojkomorové izolačné dvojsklo pôvodných dimenzií, ale iných funkčných vlastností. Druhá možnosť riešenia je situovať fóliu na vonkajšiu stranu sklobetónovej interiérovej steny – pozícia 1, v prípade, že je priestor klimatizovaný je vhodnejšie fóliu situovať na vnútornú stranu exteriérovej steny – pozícia 2. Zabudovaním selektívnej fólie do konštrukcie zasklenej steny sa minimalizuje solárna priepustnosť s vlnovou dĺžkou 780-2480 nm, čím sa výrazne ovplyvní eliminácia tepelných prírastkov do chráneného priestoru v letnom období. V zimnom období bráni „tepelné zrkadlo“ úniku tepla z chráneného priestoru do exteriéru. Súčinatel prechodu tepla medzi vrstvami medzi dvoma sklobetónovými stenami s vloženým „tepelným zrkadlom“ – Heat Mirror pri vyplnení medzery vzduchom je cca $1,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ bez zohľadnenia tepelných mostov – v spojovacích špárah sklobetónových blokov.

Pri započítaní tepelného odporu vonkajších skiel + uzavretej medzery v sklených tvárniciach je výsledné $k = 0,716 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ presklennej časti bez započítania tepelných mostov špár.

Výsledná hodnota súčiniteľa prechodu tepla celej presklennej transparentnej steny vrátane špárov je

$$k_o = k_R \times S_R / S_0 + k_Z \times S_Z / S_0 \quad \text{W/m}^2 \text{ K}$$

Rozmer presklenej steny v príklade je $3 \times 2 \text{ m}$

$$k_o = k_R \times S_R / S_0 + k_Z \times S_Z / S_0 \quad \text{W/m}^2 \text{ K}$$

$$\text{Plocha otvoru } S_0 = 6,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Plocha rámu - mostov (špár)} S_R = 1,125 \text{ m}^2$$

$$\text{Plocha zasklenia } S_Z = 4,875 \text{ m}^2$$

Súčinatel prechodu tepla zasklením

$$k_Z = 0,716 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Súčinatel prechodu tepla špárami

$$k_R = 1,62 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Súčinatel prechodu tepla transparentnej časti sklobetónovej sendvičovej obvodovej steny:

$$k_o = 1,62 \times 1,125 / 6 + 0,716 \times 4,875 / 6 = 0,303 + 0,581$$

$$k_o = 0,884 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,963 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Súčinatel' prechodu tepla netransparentnej časti sklobetónovej sendvičovej obvodovej steny:

$$k_o = 0,433 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 2,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Navrhovaným riešením je možné docieliť pomerne nízky súčinatel' prechodu tepla, pri rozumnom pomere plochy transparentnej presklennej časti a netransparentnej je možné navrhované riešenie uplatniť i pri realizácii nízkoenergetických objektov, za predpokladu, že tvar objektu bude kompaktný, výška objektu do 3. n.p. a konštrukcia strechy ako i podlahy na teréne bude s vysoko účinnou tepelnou izoláciou so súčiniteľom prechodu tepla $k=0,18 - 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V dokumentovanom detaile pri navrhnutej skladbe pri okrajových podmienkach

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$t_e = -12^\circ\text{C}$$

$$f_i = 50\%$$

$$f_e = 84\%,$$

k povrchovej kondenzácii nedochádza.

Z hľadiska bezpečnosti v prípade vyššieho teplotného spádu, resp. vyšzej interiérovej vlhkosti doporučujem riešiť odvedenie prípadného kondenzátu v úrovni hornej hrany parapetov bezpečným systémom do zberného zariadenia.

Budúcnosť ľudstva je v šetrení prírodných zdrojov energie, t.j. blízka budúcnosť bude poznáť iba pojem nízkoenergetický objekt.

Z uvedeného vyplýva, že je možné s pomerne slušnými parametrami navrhnuť i transparentný obvodový plášť so sklenenými tvárnicami. Neviem zhodnotiť nakol'ko je toto riešenie ekonomicke v porovnaní z klasickými presklenými stenami s vákovým trojsklom s emisnou vrstvou, nakol'ko som v praxi dané riešenie neaplikovala.

Záver:

Z uvedeného vyplýva, že použitie sklobetónových tvárníc na stavebnom trhu je veľmi široké. Jeho aplikáciou ako obvodovej steny sa v interiéroch vytvára optimálna svetelná pohoda, pri násobných konštrukciách aj akustická a tepelná pohoda pri relatívne nízkych ekonomických nákladoch.

Jeho nepochybne najvyššou výhodou je pri jednoduchých stenách oproti klasickým transparentným materiálom ako je bežné ľahné, alebo liate sklo, resp. polykarbonátové platne jeho schopnosť odolávať vysokým teplotám bez porušenia celistvosti od 15 až do 60 minút pričom ekonomické náklady na tieto konštrukcie oproti preskleným konštrukciám z požiarneho lepeného skla sú mnohonásobne nižšie, čo je v mnohých prípadoch určujúcim činiteľom pri návrhu transparentnej steny.

SUMMARY

We live in a renaissance of glass blocks used in glass-covered external, roof and filling structures. The present structures are transparent with relatively high efficiency of diffused light transmission. Higher thermal insulation is considered to be the great advantage of the structures in comparison with so called classic glass-covered structures. The striking advantage of them however is their fire resistance in contrast with common glass-covered structures.

LITERATÚRA:

- [1] Technické informácie výrobcu Vitrablock Duchcov
- [2] Požiarne atest výrobcu Vitrablock Duchcov
- [3] Dušan Petrás a kol.
Nízkoteplotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie
- [4] Prof. Ing. Vaverka, DrSc. : Okno ako faktor ovplyvňujúci energetiku budovy
Tepelná ochrana budov 3/2000
- [5] Ing. J. Mrlík ml.: Tepelná strata oken zasklením
Tepelná ochrana budov 1/2000
Stavebná tepelná technika
- [7] Vyhláška 288/2000 MV SR