

PASTATO ENERGINIO EFEKTYVUMO DIDINIMAS TAIKANT ALTERNATYVŲ RENOVAVIMO BŪDĄ

Jelena Jupatova, Aleksandr Vika

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius, e.p.:j.jupatova@vtdko.lt, a.vika@vtdko.lt

Anotacija

Straipsnyje aprašomas tyrimas, kurio tikslas – nustatyti gyvenamojo namo, rekonstruoto naudojant presuotus šiaudus, energinio naudingumo klasę ir palyginti ją su tradiciniu būdu renovuojamo pastato charakteristika.

Straipsnyje apžvelgiami statybų iš presuotų šiaudų privalumai ir būdai. Išvardijami ir aprašomi gyvenamojo namo, esančio Vilniaus rajone, renovavimo, naudojant presuotus šiaudus, eiga.

Pateikiami namo išorinių sienų šiluminės varžos skaičiavimai, kai sienos nešiltintos, šiltintos šiaudų ryšuliais ir polistireninio putplasčiu. Kiekvienu atveju nustatoma sienų energinio naudingumo klasė. Taip pat skaičiuojama stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais, šiluminė varža ir nustatoma energinio naudingumo klasė, pateikiamos išvados.

Pagrindinės sąvokos: renovavimas, statyba iš presuotų šiaudų, energinis efektyvumas.

Įvadas

Statyba iš presuotų šiaudų tampa vis populiareesnė Lietuvoje ir pasaulyje, tačiau šis statybos būdas vis dar mažai žinomas visuomenei, trūksta informacijos ir mokslinių tyrimų. Šis straipsnis – bandymas sudominti visuomenę statyba iš presuotų šiaudų.

Tyrimo tikslas – nustatyti gyvenamojo namo, rekonstruoto naudojant presuotus šiaudus, energinio naudingumo klasę ir palyginti ją su tradiciniu būdu renovuojamo pastato charakteristika. Straipsnyje aprašoma pastato, esančio Vilniaus rajone, renovavimo eiga.

Statybų iš presuotų šiaudų privalumai ir būdai

Šiaudinių namų populiarumą pasaulyje lemia šie veiksniai:

- šiaudai – gera termoizoliacinė medžiaga, presuotų šiaudų šilumos laidumo koeficientas yra nuo 0,04 iki 0,09 W/mK [4], t. y. mažesnis negu medžio (0,13–0,18 W/mK) ar plytų mūro (0,8 W/mK) ir artimas mineralinės vatos (0,041 W/mK) ir polistireninio putplasčio (0,039 W/mK)[2];
- šiaudinės sienos yra pakankamai saugios; kilus gaisrui, gerai supresuotų šiaudų ryšulys sunkiai užsiliepsnoja, nes oras nepatenka į ryšulio vidų, be to, siena apsaugoma kelių centimetrų molio tinko sluoksniais iš lauko ir vidaus, kilus gaisrui šiaudinė siena neišskiria toksinių medžiagų;
- šiaudų ryšuliai yra pigi ir prieinama medžiaga, tai šalutinis žemės ūkio produktas, kartais šiaudai tiesiog deginami, nes reikia jų atsikratyti;
- šiaudinė statyba yra gana greita ir nereikalauja aukštos kvalifikacijos ir specialios technikos;
- šiaudiniai namai ilgaamžiai, iki šiol išliko namų, pastatytų XX amžiaus pradžioje, jų būklė gera;
- toks statybos būdas pakankamai ekologiškai švarus, nes naudojamos natūralios vietinės medžiagos: medis, šiaudai, molis.

Yra keli statybos iš šiaudų ryšulių būdai:

- be karkaso, šis būdas naudojamas statant statinius iki vieno aukšto, kai ilgiausios sienos ilgis neviršija 6 m, ryšuliai sudedami ant pamato eilėmis kaip plytos, surišami

tarpusavyje ir papildomai presuojami su visa siena, stogo konstrukcijos atremiamos į sienas, jų svorį laiko tik šiaudai ir tinkas;

- karkasinės sienos, kai pirma pastatomas medinis karkasas, kuris laiko perdangų ir stogo apkrovas, po to jis užpildomas šiaudų ryšuliais, tada sienos nutinkuojamos;
- statyba iš skydų, kai gamykloje pagal individualų projektą pagaminami medžio ir presuotų šiaudų skydai, kurie vėliau per vieną ar kelias dienas sumontuojami statybos aikštelėje ir taip pat nutinkuojami, šis būdas labai tinka pramonei statybai, o pirmi du – individualiems statiniams.

Gyvenamojo namo renovavimo eiga naudojant presuotus šiaudus

Mūrinis sodo namas Vilniaus rajone (1 pav.) buvo rekonstruotas į gyvenamąjį namą, sienos ir stogas šiltinti šiaudų ryšuliais, pastatytos papildomos karkasinės šiaudinės sienos.



1 pav. Namu Vilniaus rajone vaizdas iki rekonstrukcijos

Pirmasis rekonstrukcijos etapas – stogo šiltinimas šiaudų ryšuliais (2 pav.), stogo konstrukcija parodyta 8 pav.



2 pav. Stogo šiltinimas šiaudų ryšuliais

Pakeitus stogo dangą buvo šiltinamos esamos sienos ir statomos papildomos lauko sienos. Aplink namą sukonstruotas medinis karkasas iš sudvigubintų statramsčių (3 pav.).



3 pav. Šiaudais šiltinamos sienos karkasas

Į karkasą eilėmis sudėti šiaudų ryšuliai. Ryšulių matmenys – apie 35 x 50 x 70 cm, šiaudelių kryptis – išilgai vidurinės kraštinės. Ryšuliai buvo dedami ant šono, t. y. gautas sienos šiaudinio užpildo dydis 35 cm. Kas dvi eiles, t. y. kas vieną metrą, šiaudai buvo papildomai presuojami hidrauliniiais kėlikliais. Po užpildymo sienos buvo lyginamos, nupjaunant išsikišusias ryšulių dalis (4 pav.)



4 pav. Šiaudais užpildyta siena

Kitas etapas – sienų tinkavimas. Nutinkuota trimis molinio tinko sluoksniais: pirmasis sluoksnis įtrintas į šiaudus, kad geriau sukibtų tinkas (5 pav.), antrasis – pagrindinis sluoksnis ir paskutinis – apdailinis (6 pav.). Bendras tinko storis – apie 4 cm.



5 pav. Pirmuoju molinio tinko sluoksniu nutinkuota siena



6 pav. Nutinkuota siena

Molio tinkas atlieka kelias funkcijas: apsaugo šiaudus ir medines konstrukcijas nuo gaisro, veikia kaip vėjo izoliacija, turi dekoratyvinę paskirtį. Tuo pat metu šis tinkas „kvėpuoja“, jis yra laidus garams ir neleidžia susidaryti kondensatui sienos viduje.

Šiluminės varžos skaičiavimas

Atitvaros suminė šiluminė varža R_s ($m^2 \cdot K/W$) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q); \quad (1)$$

čia: R_g – nevedinamo oro tarpo šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.1 lentelėje. Kadangi nevedinamo oro tarpo storis nežinomas, skaičiavimuose naudojama 10 mm oro tarpo šiluminė varža;

R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.2 lentelėje;

R_1, R_2, \dots, R_n – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos ($m^2 \cdot K/W$), apskaičiuojamos pagal formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}} ; \quad (2)$$

čia: d – sluoksnio storis (m);

λ_{ds} – sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K). Paženklinantiems atitikties „CE“ ženklų statybos produktams projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė gali būti apskaičiuota pagal STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ reikalavimus, arba ji gali būti rasta standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 3 priede.

Atitvarų visuminė šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} ; \quad (3)$$

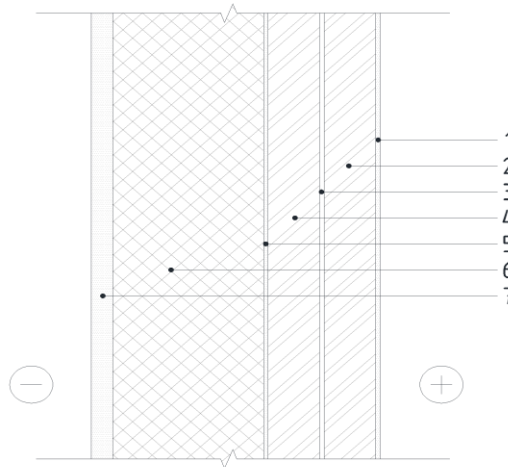
čia: R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.3 lentelėje;

R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$);

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.3 lentelėje.

Nešiltintos sienos šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Šiame skyriuje skaičiuojamas nerenovuoto namo sienos šilumos perdavimo koeficientas. Gyvenamojo namo sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, konstrukcinis pjūvis parodytas 7 pav. Nešiltinta siena turi tuos pačius sluoksnius, išskyrus šeštą ir septintą.



7 pav. Išorinės sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, konstrukcija

Pirmasis sluoksnis – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas, $\lambda_{ds}=1,0$ W/(m·K).

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{1,0} = 0,02 (m^2 \cdot K/W). \quad (4)$$

Antrasis sluoksnis – 120 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūras, $\lambda_{ds}=1,0$ W/(m·K).

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,12}{1,0} = 0,12 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (5)$$

Trečiasis sluoksnis – 10 mm storio nevėdinamas oro tarpas, $R_g=0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$.

Ketvirtasis sluoksnis– 120 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūras, $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{ds}} = \frac{0,12}{1,0} = 0,12 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (6)$$

Penktasis sluoksnis – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas, $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{1,0} = 0,02 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (7)$$

Sienos suminės šiluminės varžos skaičiavimas

$$\begin{aligned} R_s &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + (R_g + R_q) = \\ &= 0,02 + 0,12 + 0,12 + 0,02 + (0 + 0,15) = 0,43 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Sienos visuminės šiluminės varžos skaičiavimas.

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,13 + 0,43 + 0,04 = 0,6 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (9)$$

Sienos su nevėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas $U \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{s1} + R_g + R_{s2} + R_{se}}. \quad (10)$$

Sienos su nevėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{R_{si} + R_{s1} + R_g + R_{s2} + R_{se}} = \\ &= \frac{1}{0,13 + 0,02 + 0,12 + 0,15 + 0,12 + 0,02 + 0,04} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}. \end{aligned} \quad (11)$$

Norint sužinoti, ar sienos šiluminė varža yra pakankama, reikia skaičiuotinę šilumos perdavimo koeficiento vertę palyginti su normine.

Atsižvelgiant į pastatų energinio naudingumo klases, išskiriamos šios gyvenamųjų namų išorinių sienų šilumos perdavimo koeficiento vertės:

D energinio naudingumo klasė – $U_{N,w} = 0,35 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$;

C ir **B** energinio naudingumo klasės – $U_{N,w} = 0,20 \cdot \kappa \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$;

A energinio naudingumo klasė – $U_{N,w} = 0,12 \cdot \kappa \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$;

A+ energinio naudingumo klasė – $U_{N,w} = 0,11 \cdot \kappa$ (W/(m²·K));

A++ energinio naudingumo klasė – $U_{N,w} = 0,10 \cdot \kappa$ (W/(m²·K));

čia: $\kappa_2 = 20 / |\theta_{iH,1} - \theta_{iH,2}|$ – temperatūros pataisa, kuri taikoma tik atitvaroms, skiriančioms skirtingos paskirties pastatus (jų dalis) su skirtingomis projekcinėmis pastato vidaus temperatūromis šildymo sezono laikotarpiu.

1 lentelė. Nešiltinto gyvenamojo pastato išorinių sienų skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas.

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m ² ·K)	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m ² ·K)
1.	D	0,35	<	1,67
2.	C ir B	0,20	<	1,67
3.	A	0,12	<	1,67
4.	A+	0,11	<	1,67
5.	A++	0,10	<	1,67

Išvada: nešiltinto gyvenamojo namo išorinės sienos šiluminė varža yra nepakankama net žemiausio energinio naudingumo klasės pastatui.

Sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Šeštasis sluoksnis – 350 mm šiaudų ryšuliai, $\lambda_{ds}=0,06$ W/(m·K).

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,35}{0,06} = 5,83 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (12)$$

Septintasis sluoksnis – 50 mm molio tinkas, $\lambda_{ds}=0,05$ W/(m·K).

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds}} = \frac{0,05}{0,5} = 0,1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (13)$$

Nevertinant medinių tašų šiluminės varžos, išorinės sienos suminė šiluminė varža:

$$R_{s\check{s}} = 0,43 + 0,2 + 5,83 = 6,46 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (14)$$

Šiltintos sienos visuminė šiluminė varža:

$$R_{t\check{s}} = 0,13 + 6,46 + 0,04 = 6,63 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (15)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_s = \frac{1}{6,63} = 0,151 \text{ (W/(m}^2\cdot\text{K))}. \quad (16)$$

2 lentelė. Gyvenamojo pastato išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais, skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m ² ·K)	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m ² ·K)
1.	D	0,35	>	0,151
2.	C ir B	0,20	>	0,151
3.	A	0,12	<	0,151
4.	A+	0,11	<	0,151
5.	A++	0,10	<	0,151

Išvada: gyvenamojo namo išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais, šiluminė varža atitinka **B**, **C** ir **D** energinio naudingumo klases.

Sienos, šiltintos polistireno putplasčiu, varža.

Šeštasis sluoksnis – 250 mm polistireno putplastis EPS 70, $\lambda_{ds}=0,039$ W/(m·K).

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,25}{0,039} = 6,41 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}. \quad (17)$$

Septintasis sluoksnis – sluoksnis – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas, $\lambda_{ds}=1,0$ W/(m·K).

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{1,0} = 0,02 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}. \quad (18)$$

Nevertinant medinių tašų šiluminės varžos, išorinės sienos suminė šiluminė varža:

$$R_{sp} = 0,43 + 0,02 + 6,41 = 6,86 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}. \quad (19)$$

Šiltintos sienos visuminė šiluminė varža:

$$R_p = 0,13 + 6,86 + 0,04 = 7,03 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}. \quad (20)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_p = \frac{1}{7,03} = 0,142 \text{ (W/(m}^2\cdot\text{K))}. \quad (21)$$

3 lentelė. Gyvenamojo pastato išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais ir polistireniniu putplasčiu, skaičiuotinių ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Išorinės sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė $U_{\text{š}}, \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $U_{\text{N}}, \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Išorinės sienos, šiltintos polistireniniu putplasčiu, skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė $U_{\text{PP}}, \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.	D	0,151	<	0,35	>	0,142
2.	C ir B	0,151	<	0,20	>	0,142
3.	A	0,151	>	0,12	<	0,142
4.	A+	0,151	>	0,11	<	0,142
5.	A++	0,151	>	0,10	<	0,142

Skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Šių energetinio naudingumo klasių reikšmės atitinka reikalavimus [3].

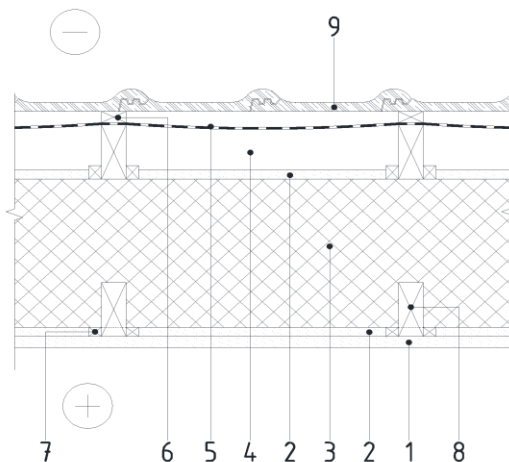
Pastatai, kuriems leidimas rekonstruoti, atnaujinti (modernizuoti), remontuoti statinį ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas iki 2014 m. sausio 1 d., o tuo atveju, kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti iki 2014 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip **D**.

Tačiau, įvertinus šilumos praradimą per medinio karkaso elementus, šiltintos šiaudų ryšuliais sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė padidėja iki $0,202 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, o tai atitinka tik **D** energetinio naudingumo pastatų klasę.

Šiltinant išorines sienas polistireno putplasčio EPS-70 250 mm storio plokštėmis skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė taip pat yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose.

Stogo suminės šiluminės varžos R_s ($m^2 \cdot K/W$) skaičiavimas

Pateikti stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais (8 pav.), šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo rezultatai. Atskirų sluoksnių varžų skaičiavimas neparodytas dėl vietos stokos.



8 pav. Stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais, konstrukcija: 1 – 20 mm medinė apdaila, 2 – 20 mm molio tinkas, 3 – 350 mm šiaudų ryšuliai, 4 – oro tarpas, 5 – difuzinė plėvelė, 6, 7, 8 – mediniai tašai, 9 – stogo danga

Stogo visuminės šiluminės varžos skaičiavimas.

$$R_s = 0,13 + 3,85 + 0,13 = 4,11 (m^2 \cdot K/W). \quad (22)$$

Stogo su vėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas U ($W/(m^2 \cdot K)$) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_s}. \quad (23)$$

Stogo su vėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.

$$U = \frac{1}{4,11} = 0,243 (W/(m^2 \cdot K)). \quad (24)$$

4 lentelė. Gyvenamojo pastato stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais, skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $U_{R,r}$ $W/(m^2 \cdot K)$	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $W/(m^2 \cdot K)$
1	D	0,24	<	0,243
2	C ir B	0,16	<	0,243
3	A	0,10	<	0,243
4	A+	0,09	<	0,243
5	A++	0,080	<	0,243

Skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė yra didesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento net mažiausio **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Vadinasi, reikia storinti termoizoliacinio sluoksnio storį.

Išvados

- Nešiltinto gyvenamojo namo išorinės sienos šiluminė varža yra nepakankama net žemiausio energinio naudingumo klasės pastatui.
- Gyvenamojo namo išorinės sienos, šiltintos 350 mm storio presuotų šiaudų sluoksniu, šilumos perdavimo koeficiento vertė $0,151 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ yra artima sienos, šiltintos 250 mm polistireno putplasčio sluoksniu, vertei $0,142 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ir yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Šių energetinio naudingumo klasių reikšmės atitinka reikalavimus.
- Gyvenamojo namo stogo, šiltinto 350 mm storio presuotų šiaudų sluoksniu, šilumos perdavimo koeficiento vertė yra didesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento net mažiausio **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Vadinasi, reikia storinti termoizoliacinio sluoksnio storį.

Literatūra

1. *Statybos taisyklės* [interaktyvus]. Vilnius: Polistireninio putplasčio asociacija [žiūrėta 2015 m. vasario 12 d.]. Prieiga internetu: ><http://www.epsa.lt/statybos-taisykles-m>.
2. STR 2.01.09:2012 *Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas. Gyvenamieji pastatai* [interaktyvus]. Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija [žiūrėta 2015 vasario 12 d.]. Prieiga internetu: >http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=431646&p_query=&p_tr2=2.
3. STR 2.05.01:2013 *Pastatų energinio naudingumo projektavimas. Gyvenamieji pastatai* [interaktyvus]. Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija [žiūrėta 2015 vasario 12 d.]. Prieiga internetu: >http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=462390&p_tr2=2.
4. Vėjelienė, J.; Gailius, A.; Vėjelis, S. Šiaudų naudojimo galimybių termoizoliacinių medžiagų gamybai tyrimai. *Statybinės konstrukcijos ir technologijos*, 2010, 2(2), p. 66–70.

IMPROVEMENT OF THE BUILDING ENERGY EFFICIENCY USING ALTERNATIVE WAY OF RENOVATION

Jelena Jupatova, Aleksandr Vika

Vilnius College of Technology and Design

Abstract. The article describes a study aimed at identifying the house reconstructed using straw bales energy efficiency class and compare it with the traditional way of insulation of polystyrene foam renovated building relevant characteristic.

The article gives an overview of the construction of straw bales advantages and techniques. Steps of renovation using straw bales are listed and described in a residential house in Vilnius district.

Thermal resistance of the house exterior walls not insulated, insulated with straw bales and insulated with polystyrene foam is calculated. The energy efficiency class of the walls is determined in each case. Thermal resistance of the roof insulated with straw bales calculated also, and energy efficiency class is provided.

